

高等院校物流专业"互联网+"创新规划教材

21世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材

LOGISTICS

（第2版）

物流技术装备



于　英◎主编







说　明

本书版权属于北京大学出版社有限公司。版权所有，侵权必究。

本书电子版仅提供给高校任课教师使用，如有任课教师需要本书课件或其他相关教学资料，请联系北京大学出版社客服，微信手机同号：15600139606，扫下面二维码可直接联系。

由于教材版权所限，仅限任课教师索取，谢谢！





高等院校物流专业“互联网+”创新规划教材

21 世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材

物流技术装备
(第 2 版)

主　编　于　英

副主编　杨　扬　　孙丽琴

北京大学出版社版权所有
禁止转载



内 容 简 介

本书全面系统地介绍了物流技术装备的种类、性能、结构、特点及选用方法。全书共分 11 章，内容包括绪论、运输装备、装卸搬运装备、仓储技术装备、自动仓储系统技术装备、集装单元化技术装备、包装技术装备、流通加工技术装备、分拣技术装备、物流信息技术装备、物流智能装备。

本书提供了与物流技术装备有关的大量案例、阅读材料和形式多样的习题，同时结合“互联网＋”平台储存更大的知识量，以利于学生巩固所学的知识并培养其实际应用知识的能力。本书在实用性和操作性方面都具有很强的指导作用。

本书既可作为全国高等院校交通运输、物流类专业以及相关专业的教材，也可作为生产企业和流通企业人员的继续教育及物流与运输等从业人员工作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物流技术装备/于英主编. —2 版. —北京：北京大学出版社，2016.8
（高等院校物流专业“互联网＋”创新规划教材）
ISBN 978-7-301-27423-1

Ⅰ. ①物…　Ⅱ. ①于…　Ⅲ. ①物流企业—设备—高等学校—教材　Ⅳ. ①F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 194989 号

书　　名　物流技术装备（第 2 版）
　　　　　WULIU JISHU ZHUANGBEI
著作责任者　于　英　主编
策划编辑　刘　丽
责任编辑　李瑞芳
数字编辑　陈颖颖
标准书号　ISBN 978-7-301-27423-1
出版发行　北京大学出版社
地　　址　北京市海淀区成府路 205 号　100871
网　　址　http://www.pup.cn　新浪微博：@北京大学出版社
电子信箱　pup_6@163.com
电　　话　邮购部 62752015　发行部 62750672　编辑部 62750667
印 刷 者
经 销 者　新华书店
　　　　　787 毫米×1092 毫米　16 开本　23 印张　540 千字
　　　　　2010 年 4 月第 1 版
　　　　　2016 年 8 月第 2 版　　2016 年 8 月第 1 次印刷
定　　价　49.00 元

北京大学出版社版权所有
禁止转载

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究
举报电话：010-62752024　电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn
图书如有印装质量问题，请与出版部联系，电话：010-62756370

第2版前言

近年来，以物流中心、配送中心、第三方物流等全新的企业形态为标志，在我国掀起了“物流热”，与此相适应的物流技术装备也得到了相应的发展。随着生产和物流规模的扩大，现代化物流技术装备的应用日益广泛，物流技术装备的自动化、信息化、智能化程度不断提高，在进行物流系统规划时，如何根据实际需要，选好、用好、管好物流技术装备，充分发挥其效能，这是任何一个物流系统都需要解决的重要问题。

物流技术装备是物流系统的物质基础，是提高物流系统效率的主要手段，是反映物流系统水平的主要标志，也是构筑物流系统总成本的主要组成部分。物流技术装备是物流系统的重要子系统之一，在物流活动中处于十分重要的地位。随着社会经济的不断发展和科学技术水平的不断进步，物流技术装备呈现出许多新特征，如大型化、高速化、实用化、专用化和通用化、自动化和智能化、成套化和系统化、绿色化等。物流技术装备的不断创新和发展，使得其内容也越来越丰富、越来越复杂。一个现代化的物流管理人员不一定要懂得如何设计制造物流技术装备，但必须了解物流技术装备的概念、构成、特点和性能等基本信息，物流技术装备的合理选用和科学配置将会直接影响到整个物流系统运行的效率和效果。

本书以现代物流的基本功能为主线，系统地阐述了物流技术装备的种类、结构、特点、性能及选用方法。

本书在第1版的基础上进行了修订，主要根据物流技术装备的发展，针对相应的知识进行了更新和补充。本书的编写具有以下特点。

(1) 内容丰富、新颖、实用，体现现代物流的需求。在编写过程中，广泛吸收了当前物流技术装备的成果、技术，参阅了大量同类教材、专著、网上资料，并结合编者的教学实践，力图使本书涵盖物流领域所有装备大类。

(2) 为了体现本课程实践性和应用性较强的特点，书中提供了大量案例供学习者分析、研读，以便加深和拓展学习者的视野；提供了形式多样的习题，以便学习者巩固、运用所学的知识。

(3) 紧密结合本课程教学基本要求，内容完整系统、重点突出，所用资料力求更新、更准确地解读知识点。本书将物流技术装备理论知识与实训内容结合在一起，具有较强的针对性。

本书由于英负责全书结构的设计、草拟写作提纲、组织编写和最后统稿定稿工作。各章具体分工如下：第1、2、3、8章由于英(江苏大学)编写，第4、5、6、7、9章由孙丽琴(江苏大学)编写，第10、11章由杨扬(昆明理工大学)编写。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

在本书的编写和修订过程中，参考了大量国内外文献资料，在此，谨向这些文献的作者表示深深的谢意。研究生王敏、刘媛媛、李耀、王刚在本书的编写过程中给予了大力支持，在此表示感谢！

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

编　者

2016 年 5 月



【精彩汇总】

北京大学出版社版权所有
禁止转载

目　录

北京大学出版社版权所有
禁止转载

北京大学出版社版权所有
禁止转载

北京大学出版社版权所有 禁止转载

北京大学出版社版权所有
禁止转载

第1章 绪 论

【教学目标】

- 了解物流技术装备的概念、分类及发展趋势
- 掌握最常用的分类方法
- 熟悉常见的物流技术装备及归类方法

北京大学出版社版权所有
禁止转载

分为运输装备、装卸搬运装备、仓储装备、包装装备、流通加工装备、信息采集与处理装备、集装单元化装备 7 部分，见表 1-1。

表 1-1　物流技术装备按功能不同分类

按功能不同分类	具 体 分 类
运输装备	铁路运输装备、公路运输装备、水上运输装备、航空运输装备和管道运输装备
装卸搬运装备	装卸机械、搬运机械和装卸搬运机械
仓储装备	物资储藏、保管装备
包装装备	货架、托盘、计量装备、通风装备、温湿度控制装备、养护装备和消防装备等
流通加工装备	剪切加工装备、开木下料装备、配煤加工装备、冷冻加工装备、分选加工装备、精制加工装备、分装加工装备、组装加工装备
信息采集与处理装备	计算机及网络、信息识别装置、通信装备
集装单元化装备	集装箱、托盘、滑板、集装袋、集装网络、货捆、集装装卸装备、集装运输装备、集装识别系统等

1. 运输装备

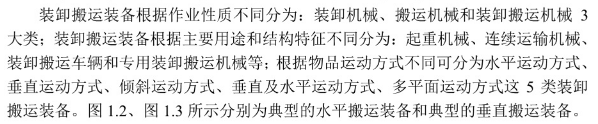
运输装备是指用于较长距离运输货物的装备。利用运输装备，通过运输活动解决物资在生产地点和需求地点之间的空间距离问题，创造商品的空间效用，满足社会需要。根据运输方式，运输装备分为铁路运输装备、公路运输装备、水上运输装备、航空运输装备和管道运输装备这 5 种类型。

北京大学出版社版权所有　禁止转载

2. 装卸搬运装备


【参考视频】

装卸搬运装备是用来升降、搬移、装卸和短距离输送货物的机械装备。装卸是指在指定地点通过人力或机械将物品装入运输装备或从运输装备上卸下的一种作业活动，是一种以垂直方向移动为主的物流活动，包括物品装入、卸出、分拣、备货等作业行为；搬运是指在同一场所内，以对物品进行水平方向的移动为主的物流作业。装卸搬运是对运输、仓储、包装、流通加工等物流活动进行衔接的中间环节，包括装车、卸车、堆垛、入库、出库，以及连接这些作业活动的搬运。



装卸搬运装备根据作业性质不同分为：装卸机械、搬运机械和装卸搬运机械 3 大类；装卸搬运装备根据主要用途和结构特征不同分为：起重机械、连续运输机械、装卸搬运车辆和专用装卸搬运机械等；根据物品运动方式不同可分为水平运动方式、垂直运动方式、倾斜运动方式、垂直及水平运动方式、多平面运动方式这 5 类装卸搬运装备。图 1.2、图 1.3 所示分别为典型的水平搬运装备和典型的垂直搬运装备。

常用的装卸搬运装备包括叉车、手推车、手动托盘搬运车、各种输送机、托盘收集机、自动引导机、升降机、堆垛机等。装卸搬运装备可以实现货物在仓库里短距离的水平或垂直的物品装卸搬运等作业。


【相关案例】

3. 仓储装备

仓储装备是指用于物资储藏、保管的装备。常用的仓储装备有自动化仓库、货

架、托盘、计量装备、通风装备、温湿度控制装备、养护装备和消防装备等。图 1.4 所示为一种典型的存储装备。



图 1.2　典型的水平搬运装备——牵引车



图 1.3　典型的垂直搬运装备——堆垛机

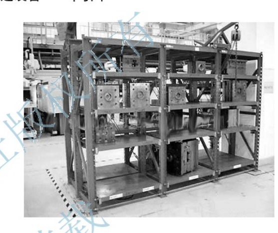


图 1.4　货架

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4. 包装装备

包装装备即包装机械，是指完成全部或部分包装过程的机器装备。包装过程包括充填、裹包、封口等主要工序，以及与其相关的前后工序，如清洗、堆码和拆卸等。此外，包装还包括计量或在包装件上盖印等工序。根据不同的标准，包装可进行不同分类，如按照包装装备功能标准不同可分为灌装机械、充填机械、裹包机械、封口机械、贴标机械、清洗机械、干燥机械、杀菌机械、捆扎机械、集装机械、多功能包装机械，以及完成其他包装作业的辅助包装机械和包装生产线。

5. 流通加工装备

流通加工装备是指用于物品包装、分割、计量、分拣、组装、价格贴付、标签贴付、商品检验等作业的专用机械装备。流通加工装备种类繁多，有多种分类方法。根据流通加工形式不同，可分为剪切加工装备、冷冻加工装备、分选加工装备、精制加工装备、分装加工装备、组装加工装备；根据加工对象的不同，流通加工装备可分为金属加工装备、水泥加工装备、玻璃加工装备、木材加工装备、煤炭加工机械、食品加工装备、组装产品的流通加工装备、生产延续的流通加工装备及通用加工装备等。

6. 信息采集与处理装备

信息采集与处理装备是指用于物流信息的采集、传输、处理等的物流装备。主要包括

计算机及网络、信息识别装置、通信装备等。

7. 集装单元化装备

集装单元化装备是指用集装单元化的形式进行储存运输作业的物流装备，主要包括集装箱、托盘、滑板、集装袋、集装网络、货捆、集装装卸装备、集装运输装备、集装识别系统等。典型的集装单元化装备如图 1.5 所示。



图 1.5　集装箱



案例 1-1

上海沪东集装箱码头

沪东公司是上海国际港务(集团)有限公司与著名的跨国企业埃彼穆勒-马士基集团旗下的码头公司在中国上海共同组建的合资公司，管理经营上海港外高桥港区 4 期集装箱码头。沪东公司以建设国际一流集装箱码头为目标，充分挖掘集装箱码头内在的潜力，提高码头效率和效益，为上海及长江三角洲、长江经济带的经济发展服务。沪东公司的经营范围有：国际国内航线的集装箱装卸、中转、仓储、分送、集装箱清洗及维修、拆装箱、堆存、运输、保管；与上述业务相关的技术咨询；集装箱码头的建设、管理及经营。图 1.6 是沪东公司下属的一个国际集装箱货运码头。



图 1.6　沪东公司国际集装箱货运码头

根据案例所提供的资料，试分析：这样一个国际集装箱货运码头应该用到哪些物流技术装备？

北京大学出版社版权所有
禁止转载

1.2　物流技术装备现状与发展趋势

物流技术装备是物流系统中的物质基础，伴随着物流的发展与进步，物流装备不断得到提升与发展。以减轻人们的劳动强度、提高物流运作效率和服务质量、降低物流成本为目的，物流装备在物流作业中起着重要的作用，极大地促进了物流的快速发展。反之，物流业的快速发展对物流装备也提出了更高的要求。

1.2.1　物流技术装备的现状

随着物流活动的发展，物流技术装备有了较快的发展，各种物流技术装备数量迅速增长，技术性能日趋现代化。随着计算机网络技术在物流活动中的应用，先进的物流技术装备系统不断涌现，如大型装卸装备和自动化物流系统。

1. 国外的发展历史及现状

(1) 初期。用传送带、工业输送带、起重机移动和搬运物料或货物；用货架和托盘、可移动式货架存储物料；用限位开关、螺旋机械制动和机械监视器等控制装备运行。

(2) 20 世纪 50—60 年代。自动化技术被广泛运用，相继出现了 AGV、自动货架、自动存取机器人、自动识别和自动分拣系统。英国最早研制了电磁感应导向的 AGVS，欧洲 AGVS 迅速推广并应用于柔性加工系统(Flexible Manufacture System，FMS)，成为生产工艺的组成部分。


【相关案例】

(3) 20 世纪 70—80 年代。出现了自动控制的旋转式货架、移动式货架、巷道式堆垛机，并应用于生产和流通领域。

(4) 20 世纪 80 年代后期。大型起重机、自动运输机、自动分拣装备、自动上下料机械及智能型装卸堆垛机器人等装备相继出现并得到广泛应用。

2. 国内的发展历史及现状

(1) 20 世纪 70 年代前。主要在商业物资仓储和运输系统有一定数量的起重机、载货汽车等装备，仓库的机械化作业率仅为 50%左右。

(2) 20 世纪 70—80 年代。物流技术装备的应用有了较快发展。新建了铁路、公路、港口、码头、增加了车辆，改进了技术，部分区段实现了电气化、高速化，开展了集装箱运输、散装运输和联合运输等。一些物流技术装备，如起重机、输送机、集装箱、散装水泥车等在仓库、货场、港口、码头得到了较为广泛的应用。


【行业实践】

(3) 20 世纪 90 年代后期。随着计算机网络技术在物流活动中的应用以及物流配送中心的兴建，物流技术装备得到了广泛应用，先进的物流技术装备不断涌现。

1.2.2 物流技术装备的发展趋势

随着现代物流的发展，物流技术装备作为其物质基础表现出以下几个方面的发展趋势。

1. 大型化

大型化是指装备的容量、规模、能力越来越大，是实现物流规模效应的基本手段，大型化弥补了自身速度很难提高的缺陷。物流技术装备的大型化趋势，一是为了适应现代社会大规模物流的需要，以大的规模来换取高的物流效益；二是由于现代科学技术的发展和制造业的进步，为制造大型物流技术装备提供了可能。例如：2004 年 11 月 27 日，带有 42 节挂车的世界上最长的卡车在法国 MILLAU 投入使用，如图 1.7 所示；油轮最大载重量达到 56.3 万吨，集装箱船的装载量已达 6 790 TEU；在铁路货运中表现为重载化，在美国、俄罗斯、加拿大、澳大利亚、南非表现得最为突出，出现了装载 71.6 万吨矿石的列车；管道运输的大型化体现在大口径管道的建设上，目前最大的输油管道口径为 1 220mm；在航空运输方面表现为货机的大型化，货机最大可载 300t。这些物流装备的大型化基本满足了基础性物流需求量大、连续、平稳的要求。



图 1.7 世界上最长的卡车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. 高速化

高速化是指装备的运转速度、运行速度、识别速度、运算速度大大提高。主要体现在对"常速"极限的突破，高速化一直是各种物流技术装备追求的目标。在公路运输中、高速一般是指高速公路，目前各国都在努力建设高速公路网，作为公路运输的骨架。在铁路运输方面，正在发展的高速铁路有 3 种类型：一是传统的高速铁路，以日本和法国的技术最具商业价值；二是摆式列车，以瑞典为代表；三是磁悬浮铁路，我国上海磁悬浮列车示范运营线工程于 2002 年建成通车，是世界上第一条商业化运营的磁悬浮列车工程，设计时速 430km。航空运输中，高速是指超音速，超音速化将是民用货机的发展方向。在水运中，水翼船的时速已达 70km，气垫船时速最高，而飞翼船的时速则可达到 170km。在管道运输中，高速体现在高压力，美国阿拉斯加原油管道的最大工作压力达到 8.2MPa。

3. 实用化

实用化是指一个物流系统的配置，在满足使用条件下，应选择简单、经济、可靠的物流设施与装备，即在构筑物流系统时，要善于运用现有的各种物流技术装备，组成非常实用的简单系统，这种简单以满足需要为原则，自动化程度不一定越高越好。以仓储装备为例，仓储物流装备是在通用的场合使用，工作并不繁重，因此应该好使用、易维护、易操作，具有耐久性、可靠性和经济性，以及较高的安全性和环保性。该类装备需求批量大、用途广，要求在考虑综合效益的基础上，减小外形尺寸、简化结构、降低造价，同时也可减少装备的运行成本。因此，根据不同需求，开发出使用性能好、成本低、可靠性高的物流装备是一种发展趋势。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

4. 专用化和通用化

随着物流活动的广泛深入，物流装备的品种越来越多且不断更新。物流活动的系统性、一致性、经济性、机动性、快速化，使得一些物流装备向专用化、通用化方向发展。

物流装备专用化是提高物流效率的基础，主要体现在两个方面：一是物流装备专用化；二是物流方式专用化。物流装备专用化是以物流工具为主体的物流对象专用化，如从客货混载到客货分载，出现了专门运输货物的飞机、轮船、汽车，以及专用车辆等装备和设施。运输方式专用化中比较典型的是海运，几乎在世界范围内放弃了客运，主要从事货运。管道运输是为输送流体货物而发展起来的一种专用运输方式。

通用化主要表现在两方面：一是以集装箱运输的发展为代表，集装箱在各种运输方式中通用，可直接实现各种运输方式间的转换，如公路运输的大型集装箱拖车可运载海运、空运、铁运的所有尺寸的集装箱。二是运输装备的通用化，如客货两用飞机、水空两用飞机及正在研究的载客管道运输等。通用化的运输技术装备实现了物流作业的快速转换，极大地提高了物流作业效率，为物流系统快速运转提供了基本保证。

5. 自动化和智能化

将机械技术和电子技术相结合，将先进的微电子技术、电力电子技术、光缆技术、液压技术、模糊控制技术等先进技术应用到机械的驱动和控制系统，实现物流装备的自动化和智能化将是今后的发展方向。应用人工智能技术，以降低工人的劳动强度，改善劳动条件，使操作更轻松自如。目前，人们在人工智能及其相关物流领域中的专家系统技术等方

面进行了大量的研究。例如，大型高效起重机集机电液于一身，实现了全自动数字化控制系统，使起重机具有更高的柔性，以提高单机综合自动化水平；自动化仓库中的送、取货小车、智能式搬运车 AGV、公路运输智能交通系统(Intelligent Transportation Systems，ITS)受到广泛重视；卫星通信技术及计算机、网络等多项高新技术结合起来的物流车辆管理技术正在逐渐被应用。

6. 成套化和系统化

在物流装备单机自动化的基础上，通过计算机把各种物流装备组成一个集成系统，通过中央控制室的控制，与物流系统协调配合，形成不同机种的最佳匹配和组合。只有当组成物流系统的装备成套、匹配时，物流系统才是最有效、最经济的。如工厂生产搬运自动化系统、货物配送集散系统、集装箱装卸搬运系统、货物自动分拣与搬运系统等。以后将重点发展的有工厂生产搬运自动化系统、货物配送集散系统、集装箱装卸搬运系统、货物的自动分拣与搬运系统等。

7. 绿色化

所谓物流装备的绿色化就是使装备更有效地利用能源，减少污染排放，达到环保要求。随着全球环境的恶化和人们环保意识的增强，对物流装备提出了更高的环保要求，有些企业在选用物流装备时会优先考虑对环境污染小的绿色产品或节能产品。因此，物流装备供应商也开始关注环保问题，采取有效措施以达到环保要求，如尽可能选用环保型材料；有效利用能源，注意解决装备的排污问题，尽可能将排污量减少到最低水平；采用新的装置与合理的设计，降低装备的震动、噪声与能源消耗量等。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

1.3 现代交通运输业与物流技术装备

传统意义的交通运输其内涵更多地集中于运输这一单一的功能上，而现代意义的交通运输是将公路、铁路、水运、航空和管道等各种运输方式单一或组合在一起，再与现代信息技术单一或组合在一起，包括装卸、搬运、储存等相关辅助服务，从而满足以物品移动为目的的经济活动。交通运输业成为生产与流通两大经济领域的融合点和黏合剂，为交通运输企业进入物流服务领域提供了可能，并为物流参与方建立协调合作的新型关系创造了物质上的基础条件。

简而言之，没有运输就谈不上物流，而仅依靠运输业也不可能满足日趋复杂的物流服务需求。物流技术装备的发展、理论的丰富和装备创新都会对运输业的经营与管理产生良好的示范与借鉴作用，进而促进交通运输业的观念更新与技术进步，成为交通运输业发展的新动力。交通运输业的稳定发展为经济的快速增长提供了基本保证；同时，现代物流技术装备的发展，将会对传统交通运输业产生巨大的冲击。

交通运输业是国民经济的基础性产业，而运输业是整个物流系统中最重要的组成部分，物流业包含了交通运输业的所有内容。国际经验表明，运输企业是物流服务的主体或主要提供者，具有发展物流服务的优势和条件。交通运输业在发展现代物流业中扮演着重要角色，已成为物流业中的主力。

物流技术装备在交通运输业中具有以下作用。

(1) 物流技术装备是交通运输的物质技术基础。不同的运输系统必须由不同的物流技术装备来支持才能正常运行。因此，物流技术装备是实现运输功能的技术保证，是实现运输业现代化、科学化、自动化的重要手段。交通运输业的正常运转离不开物流技术装备，正确、合理地配置和运用物流技术装备是提高运输业效率的根本途径，也是降低运输成本、提高经济效益的关键。

(2) 物流技术装备是交通运输业的重要资产。在交通运输业中，物流技术装备的投资比较大，随着物流技术装备技术含量和技术水平的日益提高，现代物流技术装备既是技术密集型的生产工具，也是资金密集型的社会财富，配置和维护这些装备需要大量的资金和相应的专业知识。现代化物流技术装备的正确使用和维护，对运输系统的运行效率是至关重要的，一旦装备出现故障，将会使运输系统处于瘫痪状态。

(3) 物流技术装备涉及运输业的各个环节。在整个运输业过程中，各个环节的实现都离不开相应的技术装备。因此，这些技术装备的性能好坏和合理配置直接影响着各环节的作业效率。

(4) 物流技术装备是交通运输业技术水平高低的重要标志。一个完善的交通运输业离不开现代先进水平的物流技术装备的应用。物流技术装备是推动科技进步、加快交通运输业发展的重要环节，也是内涵式提高运输效率的根本途径。

本 章 小 结


【行业实践】


【参考视频】

北京大学出版社版权所有 禁止转载

物流技术装备是组织实施物流活动的重要手段，是物流活动的基础。物流技术装备主要包括运输装备、装卸搬运装备、仓储装备、包装装备、流通加工装备、信息采集与处理装备、集装单元化装备共 7 大类。随着用户需求的变化、自动控制技术和信息技术在物流技术装备上的应用，以及在大力吸收国外先进技术、发展我国机械制造业的基础上，我国已建立了比较完善的物流装备制造体系，物流技术装备水平有了较大提高。现代物流技术装备正向大型化、高速化、实用化、专用化、通用化、自动化、智能化、成套化、系统化、绿色化方向发展。交通运输业的稳定发展为经济的快速增长提供了基本保证；同时，现代物流技术装备的发展，将会对传统交通运输业产生巨大的冲击。

关键术语

物流技术装备(Logistics Technique Equipment)
运输装备(Transportation Equipment)
装卸搬运装备(Handling Equipment)
仓储装备(Warehouse Equipment)
流通加工装备(Distribution Processing Equipment)
包装装备(Packing Equipment)
信息采集与处理装备(Information Collecting and Processing Equipment)
集装单元化装备(Container Unitization Equipment)

习　　题

1. 填空题

(1) 现代物流通常由________、________、________、________、包装、流通加工、信息等基本环节组成。

(2) 物流技术装备按功能不同可分为________、________、________、包装装备、流通加工装备、信息采集与处理装备、集装单元化装备共 7 部分。

(3) 装卸搬运装备根据主要用途和结构特征不同分为：________、________、________和专用装卸搬运机械等。

2. 简答题

(1) 物流技术装备按用途不同是如何分类的？

(2) 简述国内外物流技术装备的现状。

(3) 简述物流技术装备的发展趋势。

(4) 如何理解物流技术装备的概念？

(5) 如何理解物流技术？通过不同渠道调查一下，目前我国各类企业物流技术装备的应用情况。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

第2章 运输装备

【教学目标】

- 了解运输装备的发展趋势
- 了解公路运输装备的构成、特点
- 掌握汽车、货车的分类、基本结构
- 认识铁路运输装备的组成、类型及特点
- 了解水路运输装备的类型、特点及性能
- 认识航空运输装备的主要类型、系列机型
- 理解管道运输装备系统的构成及作用

北京大学出版社版权所有
禁止转载

导入案例

在经济全球化背景下，世界制造业出现了全球的市场竞争与合作，使得国际物流活动十分活跃。联合运输在国际货物运输中得到了广泛应用，形成了一些运输通道，采用的运输装备有轮船、火车、汽车、飞机、管道等。

思考题：日常生活中接触到的运输装备有哪些，试着把它们归类。

运输包括客运和货运，本书主要涉及后者。所谓货运，即货物运输，是指用运输装备实现将物品从一地点向另一地点的位移，是物流的核心和基础，是实现流通的主要物质手段，也是调整产业结构、提高劳动生产率、改善人民生活水平的动因。在运输的发展过程中，运输装备发挥着重要的作用。

2.1 概 述

北京大学出版社版权所有 禁止转载

运输装备是指用于较长距离运输货物的装备。利用运输装备，通过运输活动，解决物资在生产地点和需要地点之间的空间距离问题，创造商品的空间效用，满足社会需要。据统计，物流费用中运输费用所占的比重最高，在物流费用中有将近 50%的比例是运输费用，有些产品的运输费用甚至高于生产费用。显然，高效的运输系统不仅有利于以最短时间、最少成本实现物品的空间效用，而且还有利于促进国民经济的持续、稳定、协调发展。运输业的发展经历了最初的水运、铁路运输垄断、多种运输方式竞争等阶段。今天人们更注重于多种运输方式的协调发展，追求优势互补，构建综合运输网络，实现联合运输、多式联运。在保证运行安全、提高运载能力、实现运行自动化、运营管理自动化等目标的前提下，更注重追求环保、防止污染及节能等目标。

2.1.1 运输装备的分类及发展

1. 运输装备的分类

运输装备是运输系统的重要构成部分，在运输的发展过程中发挥着重要的作用。根据运输方式不同，运输装备分为公路运输装备、铁路运输装备、水路运输装备、航空运输装备和管道运输装备这 5 种类型。


【行业实践】

2. 运输装备的发展

1) 运输的发展过程

在人类的运输史上，运输发展经过了 4 个阶段。初期是水路运输阶段，历经了几千年，从初期的木船、排筏到机动船的出现，水路运输一直作为人类运输的主要方式。19 世纪初期，铁路运输出现并很快形成了陆路运输的垄断地位。19 世纪末，随着汽车的出现形成公路运输，之后航空、管道运输的出现形成了多种运输方式激烈竞争的局面。到 20 世纪 50 年代，随着科技的发展、管理水平的提高，运输进入了综合发展与科学管理阶段。

2) 运输的发展方向

现代化运输的发展方向主要是以保证运行安全、提高运载能力、实现运行自动化、运营管理自动化等为目标，同时对环保、防止污染及采用新燃料等方面提出新要求。由于现代空间技术和电子计算机的发展，加快了交通运输现代化的步伐。综合起来，主要体现在以下几个方面：运行操纵控制系统、全球卫星导航系统、监视与安全系统、微机联网系统、运输管理自动化等。

3) 我国运输的发展

我国目前运输的发展方针为：以铁路为骨干，以公路为基础，充分利用水运资源(内河、沿海、远洋)的作用，注重发展航空运输，适当发展管道运输，建立一个全国统一的综合交通运输体系。

每一种运输方式有其特定的运输线路和运输装备，形成了各自的技术运营特点、经济性能和合理使用范围。我国现已开办的综合运输服务有：货物联运、旅客联运、集装箱联运及国际联运等。衔接方式主要有：铁路与公路、航空与陆路、海运与陆路等多式联运。

2.1.2 运输装备的发展趋势

运输的发展是以运输技术装备为支撑的，目前运输装备的发展趋势主要表现在以下几个方面。

(1) 功能综合化。随着现代物流的发展，以客户为中心的“门到门”服务将成为运输的主要方式，因此集多种运输方式于一身的运输装备将逐渐成为关注的重点。

(2) 技术信息化。信息技术的发展为运输装备性能的改善提供了很好的途径，卫星通信、RF、GPS、GIS 等技术使现代运输装备具有了信息化和智能化的特征，运输装备的操作变得更加简单和安全。

(3) 规模大型化。为了实现规模经济，运输装备将向大型化发展，包括铁路货运的重载化、水路运输的大吨位化、管道运输的大口径化等。

(4) 速度极限化。运输速度的提高一直是各种运输装备的努力方向，这种提高正向极限突破。可以预见，未来的运输装备在速度上还将会有新的突破。

(5) 应用专门化。根据不同的运输对象，开发专业化的运输装备，有广泛的应用前景。

(6) 种类新型化。公路、铁路、水路、航空，以及管道运输装备作为传统运输装备将得到不断发展，但限于应用领域及经济等原因，还将出现许多新型运输装备，它们将成为未来不可或缺的运输力量。

(7) 环保化。在现代物流的经营中，在考虑企业自身效益的同时，还要考虑到社会效益，只有这样才能在持续发展中获得永久效益，这就要求运输装备的发展必须考虑环境保护。因此，未来环保型运输装备将赢得人们的青睐。

运输在物流中的独特地位对运输装备提出了更高的要求，要求运输装备尽可能齐全、最大可能地提高效率、降低成本。运输的发展是以运输装备的发展为基础的，物流装备的发展，集装箱、托盘等专用装备的出现，通信技术的发展使运输业真正出现了飞跃。

北京大学出版社版权所有 禁止转载


【知识拓展】

2.2 公路运输装备

公路运输是一种机动灵活、简捷方便的运输方式，在短途货物集散转运上比铁路、航空运输具有更大的优越性，尤其在实现“门到门”的运输中，其重要性更为显著。尽管其他运输方式各有其特点和优势，但或多或少都要依赖公路运输来完成最终端的运输任务。因此公路运输在物流领域占有重要的地位。

2.2.1 公路运输概述

公路运输是现代运输的主要方式之一，它在整个运输领域中具有重要的地位，并发挥着越来越重要的作用。

1. 公路运输的特点

(1) 机动灵活便捷。汽车运输具有机动灵活、运输货物方便的特点。汽车运输既可以成为其他运输方式的衔接手段，又可以自成体系。由于我国的公路网分布广，尤其城市道路的密度更大，因而汽车可去的地方很多，运输方便。汽车运输在运输时间方面的机动性也比较大，各运输环节之间衔接时间较短。再次，汽车的载重量可大可小，可装载从几百千克货物直至上千吨的货物。汽车运输对货物批量的大小具有很强的适应性，既可以单车运输，又可以拖挂运输。

(2) 快速。汽车运输的运送速度比较快，据资料统计，一般中、短途运输中汽车运输的平均运送速度要比铁路快 4～6 倍，比水路运输快约 10 倍。运送速度快，不仅可以加快资金周转、提高货币的时间价值，而且还有利于保持货物的不变质和提高客、货的时间价值。这一点对于运输贵重物品、鲜货及需要紧急运输的物资和人员等特别重要。

(3) 可以方便实现“门到门”运输。汽车运输可以把旅客从居住地门口直接运送到目的地门口，也可以将货物从发货人仓库门口直接运送到收货人仓库门口，实现“门到门”的运输形式。其他运输方式一般需要中途倒运、转乘才能将客、货运达目的地，而汽车运输途中不需要中转，因此汽车运输在直达性方面有明显的优势。

(4) 原始投资少，资金回收快。汽车运输不像铁路运输那样需要铺设铁轨、设置信号设备及其他投资昂贵的固定设施，而且车辆的购置费用也比较低，原始投资回收周期短。据相关资料介绍，一般公路运输的投资每年可以周转 1～2 次，铁路运输 3～4 年才周转一次，而飞机、轮船运输的周转速度更慢。由于汽车运输资金周转快，因而汽车运输服务容易实现扩大再生产。

(5) 操作人员容易培训。汽车驾驶技术比较容易掌握，培训汽车驾驶员一般需要 3～6 个月，而培养火车、轮船和飞机的驾驶员至少需要几年，并且需要大量的费用。

尽管其他运输方式各有特点和优势，但或多或少都要依赖公路运输来完成最终两端的运输任务。例如铁路车站、港口码头和航空机场的货物运输都离不开公路运输的支持。当然，公路运输也具有一定的局限性，如载重量小，不适宜装载重件、

北京大学出版社版权所有 禁止转载

大件货物，不适宜长途运输等。另外，车辆运行中震动较大，易造成货损货差，同时，运输成本也比较高。

2. 公路运输的功能

(1) 主要承担中、短途运输。我国规定 50km 以内的为短途运输，50～200km 的为中途运输。由于我国高速公路网的逐步形成，汽车运输将会形成短、中、远程运输并举的局面。长途运输将会有更广阔的市场。

(2) 补充和衔接其他运输方式。当其他运输方式担负主要运输时，由汽车担负起点和终点的短途集散运输，完成其他运输方式不能够到达的地区的运输任务。

3. 公路运输的发展前景

综观西方发达国家公路运输业的发展及汽车技术的不断更新，公路运输表现出了广阔的发展前景。

(1) 快捷运输发展潜力巨大。高速公路网的迅速发展，为快捷运输提供了广阔的发展空间。高速公路里程的不断延伸，拉开了快捷运输的序幕。实际上，公路运输、干线运输和一般公路运输作为大交通构架的组成部分，直接成为参与重要物资运输和城市之间客、货运输的主力。可以预计，随着各地公路网建设规划的完成，汽车运输将显现出巨大的潜能和实力。

(2) 大吨位汽车运输将得到加强。汽车运输有着向大型化和小型化两端发展、重型车比重下降的趋势。资料表明，在运距大于 120km 的条件下，载重量为 16t 以上的汽车和载重量为 4t 的汽车相比，运输效率提高 3～4 倍，运输成本可下降 80%～85%，随着运距的增加，大吨位汽车的优越性更加明显。因此合理调整车辆构成，提高汽车载重量，是汽车运输企业提高车辆运输经济效益的有效途径。

(3) 专用汽车货运发展迅速。为了有效地发挥高等级公路的效益和功能，高等级公路专用车辆的发展很快，特别是专用车辆朝着大型化、专用化方向发展，如汽车列车、集装箱运输车、大型罐式车、大型厢式车、大型冷藏车、轿车运输车等。

(4) 拖挂运输将迅速普及。汽车拖挂运输可以提高载重量，节约燃料和降低运输成本，因此得到广泛应用。近年来，汽车列车不断向大吨位方向发展，目前，一车一挂的汽车列车总重一般为 32～42t，一车两挂或三挂以上的汽车列车总重达 60t 以上。

(5) 环保货运的意识大大加强。汽车运行过程中将会产生大气污染和噪声污染。在城市大气环境污染中，汽车的分担率已达 75%。因此，注重环境保护，推动环保型汽车的发展普遍受到各国的重视。如采用柴油机共轨喷射技术、涡轮增压器、后处理装置、高品质燃油、混合动力等，在一定程度上解决了汽车运输自身的环境污染问题。

(6) 智能交通系统(ITS)蓬勃发展。智能交通系统是利用先进的信息通信技术，形成人、车、路三位一体，从而大大提高了汽车运输的安全性、运输效率、行车舒适性且有利于环保。智能交通系统在美国、日本和欧洲正处于开发试验阶段，其功能和规模在不断扩大。ITS 的相关技术也已在有关领域得到了应用，如电子自动收费(Electronic Toll Collection，ETC)，它无须停车即可实现收费功能，大大提高了道路的通行效率。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4. 我国公路运输装备的发展

随着国民经济的不断发展，我国汽车工业为了满足社会对公路运输业的需求，汽车行业在国家政策指导下得到了全面发展。自 1999 年以来，我国公路运输载货汽车拥有量及运输能力得到了快速发展，基本情况见表 2-1，并且随着社会对物流服务水平要求的不断提高，专用汽车也得到了快速发展。

表 2-1　我国载货汽车拥有量统计

统计年份	载货汽车数量/万辆			吨位/万吨		
	总计	普通货运汽车	专用汽车	总计	普通货运汽车	专用汽车
1999	409.62	401.28	8.34	1 481.02	1 406.00	75.02
2000	486.02	475.24	10.78	1 667.70	1 573.73	93.97
2001	509.27	496.65	12.62	1 733.58	1 621.40	112.17
2002	536.78	520.27	16.51	1 808.45	1 674.79	133.66
2003	572.45	553.23	19.22	1 941.52	1 788.86	152.66
2004	628.09	604.93	23.16	2 338.61	2 119.64	218.96
2005	604.82	580.28	24.54	2 537.75	2 282.15	255.60
2006	671.00	640.66	30.34	2 822.69	2 464.11	358.58
2007	684.49	648.01	36.49	3 135.69	2 643.74	491.94
2008	760.97	720.18	40.79	3 686.20	3 139.76	546.44
2009	906.56	859.27	47.29	4 655.23	4 002.80	652.43
2010	1 050.19	996.43	53.77	5 999.82	5 223.23	776.59
2011	1 179.41	1 116.36	63.05	7 261.20	6 273.51	987.69
2012	1 253.19	1 184.58	68.60	8 062.14	6 963.29	1 098.85
2013	1 419.48	1 080.75	46.21	9 613.91	5 008.34	514.45
2014	1 453.36	1 091.32	45.58	10 292.47	5 241.45	490.59
2015	1 389.19	1 011.87	48.40	10 366.50	4 982.50	503.09

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2.2.2　公路运输装备分类

公路运输装备主要指机动车与挂车，国家标准 GB/T 15089—2001《机动车辆及挂车分类》将机动车辆和挂车分为 L 类、M 类、N 类、O 类和 G 类 5 大类，如图 2.1 所示。

(1) L 类是指两轮或三轮机动车辆。

(2) M 类是指至少有 4 个车轮并且用于载客的机动车辆(载客车辆)，按座位数和最大设计总质量划分为 3 类(M_1、M_2、M_3)。

(3) N 类是指至少有 4 个车轮并且用于载货的机动车辆(载货车辆)，按最大设计总质量划分为 3 类(N_1、N_2、N_3)。

(4) O 类是指挂车，包括半挂车、牵引杆挂车(全挂车)，按最大设计总质量划分为 4 类(O_1、O_2、O_3、O_4)。

(5) G 类是指满足某些特殊要求的 M 类、N 类的越野车。

公路运输中应用最多的运输装备主要有汽车、挂车，以及由汽车与挂车组成的汽车列车。

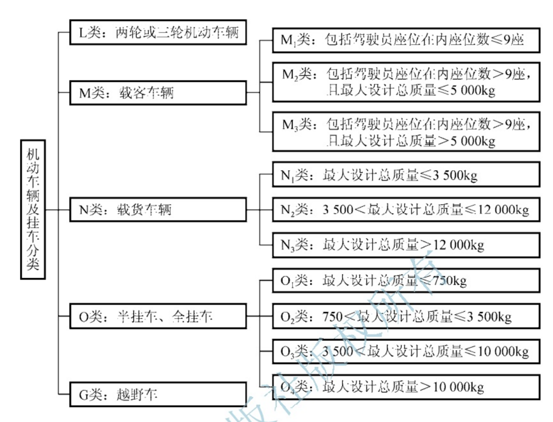


图 2.1　公路运输装备分类

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2.2.3　汽车

根据国家标准 GB/T 3730.1—2001《汽车和挂车类型的术语和定义》，汽车指由动力驱动，具有 4 个或 4 个以上车轮的非轨道承载的车辆，主要用于：载运人员和/或货物、牵引载运人员和/或货物的车辆、特殊用途。

1. 汽车产品的型号

根据国家规定，汽车产品型号由企业名称代号、车辆类别代号、主参数代号、产品序号、专用汽车分类代号、企业自定代号 6 部分组成，表示方法如图 2.2 所示。

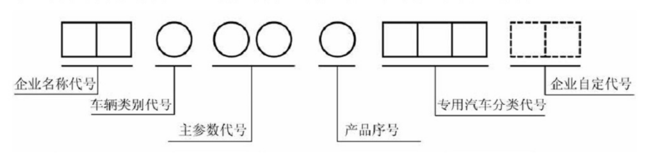


图 2.2　汽车型号表示方法

注：□或⬚用汉语拼音字母表示；○用阿拉伯数字表示。

(1) 企业名称代号：通常用企业名称前两个汉字的第一个拼音字母表示。

(2) 车辆类别代号：见表 2-2。

表 2-2　车辆类别代号

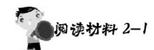
车辆类别代号	车辆种类	车辆类别代号	车辆种类	车辆类别代号	车辆种类
1	载货汽车	4	牵引汽车	7	轿　车
2	越野汽车	5	专用汽车	8	暂　空
3	自卸汽车	6	客　　车	9	半挂及专用半挂车

(3) 主参数代号：对于货车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用车与半挂车，其主参数以汽车的总质量(t)表示，当总质量超过 100t 时，允许用 3 位主参数代号表示；对于客车，其主参数以车辆的长度(m)表示，小于 10m 时，应精确到小数点后一位，并以其值的 10 倍数表示；对于轿车，其主参数以发动机排量(L)表示，精确到小数点后一位，以其值的 10 倍表示。

(4) 产品序号：是由企业自定的产品顺序号。

(5) 专用汽车分类代号：X—厢式汽车；G—罐式汽车；C—仓栅式汽车；T—特种汽车；Z—专用自卸汽车；J—起重举升汽车等。第二、三格为表示其用途的两个汉字的第一个拼音字母。

(6) 企业自定代号：表示同一种汽车因结构稍有变化而需区别者。



解读 EQ2080 型号、TY5106XLCEQP5K 型号和 CA7226L 型号：

① EQ2080 型号表示第二汽车制造厂生产的车风牌越野车，总质量为 7.72t 的第一代车。

② TY5106XLCEQP5K 型号表示天云汽车改装厂生产的 6t 厢式冷藏车(总质量 10.75t)。

③ CA7226L 型号表示一汽集团生产的轿车，发动机工作容积为 2.2L，序号 6 表示安装 5 缸发动机的车型，尾部字母 L 表示加长型(小红旗加长型中级轿车)。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. 汽车的总体构造和主要参数

1) 汽车总体构造

汽车一般由动力装置、底盘、车身、电气设备 4 部分组成。典型载货汽车构造如图 2.3 所示。

(1) 动力装置。动力装置是驱动汽车行驶的动力源，目前汽车的动力装置多指发动机。其作用是使燃料燃烧产生动力，然后通过底盘的传动系驱动车轮使汽车行驶。发动机主要有汽油机和柴油机两种。发动机主要由曲柄连杆机构、配气机构和燃料供给系统、冷却系统和润滑系统等组成。

(2) 底盘。底盘是车身和动力装置的支座，同时是传递动力、驱动汽车、保证汽车正常行驶的综合体。底盘由传动系、行驶系、转向系和制动装备 4 部分组成。

① 传动系：将发动机的动力传到驱动轮。目前汽车传动系主要有机械式和液力机械式两类。机械式由离合器、变速器、万向传动装置、驱动桥等组成；液力机械式由液力变矩器、变速器、万向传动装置、驱动桥等组成。

② 行驶系：安装部件、支撑全车并保证行驶。由车架、车轮和悬架等组成。

③ 转向系：保证汽车按驾驶员选择的方向行驶。由转向器和转向传动机构组成。

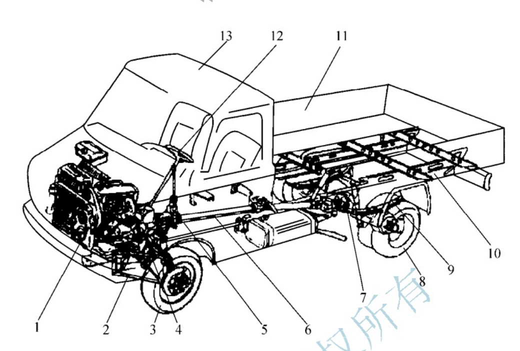


图 2.3 典型载货汽车的总体构造

1—发动机；2—前悬架；3—转向车轮；4—离合器；5—变速器；6—万向传动装置；
7—驱动桥；8—驱动车轮；9—后悬架；10—车架；11—车厢；12—转向盘；13—驾驶室

④ 制动装备：使汽车减速或停车，并保证驾驶员离去后汽车能可靠停驻。制动装备由若干个相互独立的制动系统组成，每个制动系统都由供能装置、控制装置、传动装置和制动器等部分组成。

(3) 车身。车身安装在底盘的车架上，是驾驶员工作的场所，也是装载旅客或货物的场所。轿车、客车的车身一般是整体结构，货车车身一般由驾驶室和货箱两部分组成。

(4) 电气设备。电气设备由电源和用电设备两大部分组成。电源包括蓄电池和发电机，用电设备包括发动机的启动系、汽油机的点火系和其他用电装置。

2) 汽车参数

汽车参数包括质量参数、尺寸参数、性能参数 3 部分。

(1) 质量参数。

① 整车整备质量：汽车完全装备好的质量。加满润滑油、水、燃料，包括随车工具、备胎等所有装置的质量。

② 载客量与装载质量：载客量用于客车、轿车与长途客车的载客量时，指的是座位数；城市客车的载客量指座位数加站立的乘员数；装载质量用于货车，指在硬质良好的路面上行驶时允许的额定装载量。

③ 总质量：指整车整备质量与载客量或装载质量及驾驶员质量的总和。通常用最大总质量(汽车满载时的总质量)来表征。

④ 轴载质量：汽车静止时单轴所承载的载荷。

(2) 尺寸参数(图 2.4)。

① 车长(L)：汽车长度方向两极端点之间的距离。

② 车宽(B)：汽车宽度方向两极端点之间的距离。

③ 车高(H)：汽车最高点至地面之间的距离。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

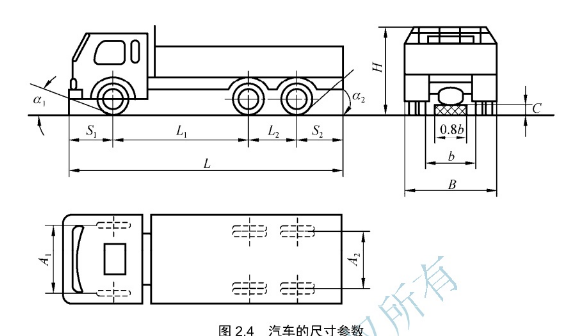


图 2.4　汽车的尺寸参数

④ 轴距(L_1L_2)：汽车前轴中心至后轴中心的距离。

⑤ 轮距(A_1A_2)：同一车桥左右轮胎胎面中心线之间的距离。

⑥ 前悬(S_1)：汽车最前端至前轴中心的距离。

⑦ 后悬(S_2)：汽车最后端至后轴中心的距离。

⑧ 最小离地间隙(C)：汽车满载时，最低点至地面的距离。

⑨ 接近角(a_1)：汽车前端突出点向前轮引的切线与地面的夹角。

⑩ 离去角(a_2)：汽车后端突出点向后轮引的切线与地面的夹角。

(3) 性能参数。

① 动力性参数：包含最高车速、加速时间、上坡能力、比功率或比转矩。最高车速指在规定装载状态下，水平良好路面上，变速器最高挡，节气门全开时，车辆稳定行驶的最高速度。加速时间指在平直良好的路面上从原地起步开始，以最大的加速度达到某一车速所用去的时间。上坡能力用汽车满载时的最大爬坡度(%)表示。

② 比功率：指汽车所装发动机标定的最大功率/汽车的最大总质量。

③ 比转矩：指汽车所装发动机标定的最大转矩/汽车的最大总质量。

④ 燃油经济性参数：用汽车在水平的水泥或沥青路面上以经济车速或多工况满载行驶的百公里燃油消耗量表示。

⑤ 最小转弯半径：转向盘转至极限位置时，汽车前外转向轮轮辙中心在支撑平面上的轨迹圆的半径。它是汽车转向能力和转向安全性的重要指标。

⑥ 通过性几何参数：指最小离地间隙、接近角、离去角等。

⑦ 制动性能参数：常用制动距离表征。制动距离指规定装载状态下，以一定车速行驶时，实施紧急制动，从踩制动踏板开始到完全停车为止测得的车辆驶过的距离。

⑧ 操纵稳定性参数：汽车操纵稳定性的评价参数主要有转向特性参数、车身侧倾角、制动前俯角等。

⑨ 舒适性参数：包括平顺性、车内噪声等指标。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

3. 现行国家标准中汽车的分类

根据国家标准 GB/T 3730.1—2001 的规定汽车按用途不同分为乘用车和商用车，按照车辆的结构进一步给出不同种类车辆的术语和定义，其中乘用车包括 11 种车型，商用车辆包括客车、半挂牵引车和货车。

1) 乘用车

乘用车是指在设计和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李和/或临时物品的汽车，包括驾驶员座位在内最多不超过 9 个座位。如果需要，它也可以牵引一辆挂车。根据车身和车顶的形式，座位、车门和车窗的个数，可以将乘用车分为普通乘用车、活顶乘用车、高级乘用车、小型乘用车、敞篷车、仓背乘用车、旅行车、多用途乘用车、短头乘用车、越野乘用车、专用乘用车等。图 2.5 是乘用车示意图。由于它们并不是物流作业的主要车辆，所以这里不多加介绍。



(a) 普通乘用车 (b) 活顶乘用车 (c) 高级乘用车 (d) 小型乘用车

(e) 敞篷车 (f) 仓背乘用车 (g) 旅行车 (h) 多用途乘用车

(i) 短头乘用车 (j) 越野乘用车 (k) 专用乘用车

图 2.5 乘用车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2) 商用车

商用车是指在设计和技术特性上用于运送人员和货物的汽车，并且可以牵引挂车，乘用车不包括在内。商用车又可以分为客车、半挂牵引车和货车。

(1) 客车指在设计和技术特性上用于载运乘客及其随身行李的商用车辆，包括驾驶员座位在内座位数超过 9 座。客车有单层的和双层的，也可牵引挂车。客车可以分为小型客车、长途客车、城市客车、旅游客车、铰接客车、无轨客车、越野客车和专用客车。图 2.6 是客车示意图，客车不是本书讨论的重点，在此也不作更多讨论。

(2) 半挂牵引车是装备有特殊装置的、用于牵引半挂车的商用车辆，该类车辆可以通过改变其后部的挂车装载各种集装箱和大型设备。半挂牵引车如图 2.7 所示。




(a) 小型客车



(b) 长途客车

(c) 城市客车



(d) 旅游客车



(e) 铰接客车



(f) 无轨客车



(g) 越野客车




(h) 专用客车

图 2.6　商用车



图 2.7　半挂牵引车

北京大学出版社版权所有
禁止转载

(3) 货车是一种主要为载运货物而设计和装备的商用车辆，它可独立使用，有些车型也可用于牵引全挂车。货车是货运汽车的简称，是公路运输车辆的主体，是用于物流领域、完成道路运输任务的主要物流装备。

除了国家标准对汽车车型和分类定义外，长期的历史原因还形成了许多日常生活中对货车的不同称呼，它们大多数是从各种角度观察汽车而形成的习惯叫法。

2.2.4　货车的分类及结构形式

1. 货车的分类

1) 国家标准 GB/T 3730.1—2001 对货车的分类

它可以分为普通货车、多用途货车、越野货车、专用货车、专用作业车等。

(1) 普通货车。在敞开(平板式)或封闭(厢式)载货空间内载运货物的货车，如图 2.8 所示。

(2) 多用途货车。在设计和结构上主要用于载运货物，但在驾驶员座椅后带有固定式或折叠式座椅，是一种可载运 3 人以上乘客的货车，如图 2.9 所示。

(3) 越野货车。在设计上，所有车轮可以同时进行驱动或几何特征、技术特性和其他的性能允许在非道路上行驶的一种车辆，如图 2.10 所示。





图 2.8 普通货车



图 2.9 多用途货车

(4) 专用作业车。在设计和技术特性上用于特殊工作的货车。例如，消防车、救险车、垃圾运输车(图 2.11)、应急车、街道清洗车、扫雪车、清洁车等。

(5) 专用货车。在设计和技术特性上，用于运输特殊物品的货车。例如，罐式车、乘用车运输车、集装箱运输车(图 2.12)等。



图 2.10 越野货车



图 2.11 垃圾运输车



图 2.12 集装箱运输车

2) 货车常见的分类

(1) 按最大总质量分类。货车按最大总质量分为微型货车、轻型货车、中型货车和重型货车 4 类，见表 2-3。

表 2-3 货车按最大总质量分类　　单位：kg

类　型	微型货车	轻型货车	中型货车	重型货车
总质量 G	$G \leqslant 1\,800$	$1\,800 < G \leqslant 6\,000$	$6\,000 < G \leqslant 14\,000$	$G > 14\,000$

(2) 按用途及使用条件不同分类。由于货车所载运的物品种类较多，其装载量及车厢的结构也有所不同，因此按用途和使用条件不同可分为普通货运汽车和专用货运汽车两大类型。普通货运汽车具有栏板式车厢，可运载各种货物。专用货运汽车通常由普通货车改装，具有专用功能，用于承担专门运输任务的汽车，主要包括汽车列车、自卸式货车、厢式货车、罐式货车、冷藏式货车、特种车等。

(3) 按货厢形式不同分类。分为栏板式货车、自卸式货车、厢式货车、罐式货车、平台式货车、仓栏式货车、牵引—半挂车式货车。

2. 货车的结构形式

1) 栏板式货车

栏板式货车有普通栏板式、高栏板式、三面开栏板和单面开栏板式之分，图 2.13 为普通栏板式货车示意图。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

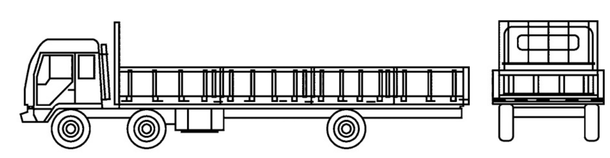


图 2.13　普通栏板式货车

2) 自卸式货车

按照货物的倾斜方向，自卸式货车可分为后倾式、侧倾式和三面倾斜式 3 种类型，如图 2.14 所示。

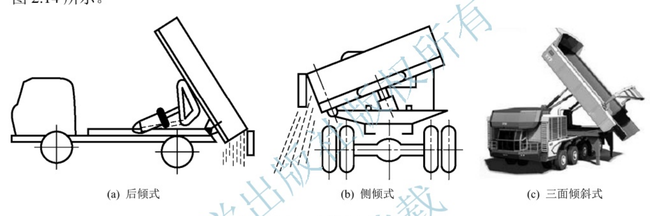

(a) 后倾式　　(b) 侧倾式　　(c) 三面倾斜式

图 2.14　自卸汽车类型

北京大学出版社版权所有 禁止转载

后倾式自卸汽车应用最为广泛，它通过车厢向后倾翻实现货物的卸出，侧倾式自卸车通过车厢向左、右两侧倾翻一定的角度实现货物的卸出；三面倾卸式自卸汽车可以从 3 个方向卸货，提高了装卸货的方便性，但造价高、自重增加。自卸式货车利用发动机的动力，通过液压举升机构使车厢倾斜一定的角度，实现货物的自动卸出。普通自卸车一般是在同吨位的载货汽车二类底盘的基础上改装而成，与普通货车相比，自卸汽车的整备质量有所增加，装载质量有所减少，而其总质量和轴荷分配等原则上与原载货汽车相同。

自卸货车主要用于运输散装并可以散堆的货物(如砂土、矿石及农作物等)，还可以用于运输成件货物。

车厢用于装载和倾卸货物。它一般由前栏板、左右侧栏板、后栏板和底板等组成。为了避免装载时物料下落碰坏驾驶室顶盖，通常车厢前栏板加做向上前方延伸的防护挡板。车厢底板固定在车厢底架上。车厢的侧栏板、前后栏板外侧面通常布置有加强筋。后倾式车厢广泛用于轻、中和重型自卸汽车。它的左右侧栏板固定，后栏板左右两端上部与侧栏板铰接，后栏板借此即可开启或关闭。图 2.15 所示为自卸式货车车厢结构图。

自卸式货车的举升结构如图 2.16 所示。卸载货物时，通过液压倾卸操作装置从取力器取出动力，驱动油泵工作，使得自卸车的倾卸机构将车厢抬起，从而实现自卸功能。

3) 厢式货车

厢式货车是在普通货车的基础上，将货厢封闭而成，具有防尘、防雨、防盗、清洁卫生的特点，通常用于没有温度要求的运输，如零担快运、电子产品、家用电器、服装、商

业服务、银行运输及贵重商品的运输等。厢式汽车运输是封闭式运输，能够减少货物被盗的损失，大大提高了货物运输的安全性，因而在世界各国都得到了迅速的发展。图 2.17 为两款厢式货车。

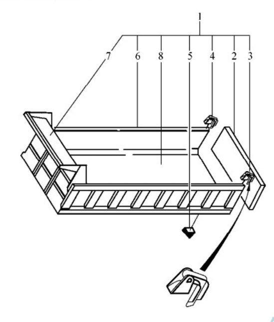


图 2.15　自卸式货车车厢结构图

1—车厢总成；2—后栏板；3、4—铰链座；5—车厢铰支座；6—侧栏板；7—防护挡板；8—座板

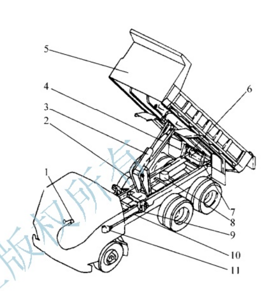


图 2.16　举升结构

1—液压倾卸操作装置；2—倾卸机构；3—液压缸；4—拉杆；5—车厢；6—后铰链支座；7—安全撑杆；8—油箱；9—油泵；10—传动轴；11—取力器

北京大学出版社版权所有 禁止转载





图 2.17　厢式货车

在我国，随着物流业的迅猛发展，对厢式汽车的需求量不断上升。近年来，轻质合金及增强合成材料的使用为减轻车厢自重、提高有效装载质量创造了良好的条件，使厢式载货汽车成为国际载货汽车市场的主力军。

按照厢式货车的结构和用途不同，主要有以下几种分类。

(1) 普通厢式货车具有封闭的货箱，带有反光带、标志牌及安全标示牌等，如图 2.18 所示。

(2) 厢式保温车。装有隔热结构的车厢，用于短途保温运输的专用汽车。它是运输低温物品的专用车辆，具有防尘、防雨、防盗、隔热的特点，广泛应用于卫生、化工、商场、科研、食品、厂矿等行业部门，是肉类海鲜、蛋类、瓜果、蔬菜、冷饮、食品、医药等保

质运输的理想工具，如图 2.19(a)所示。

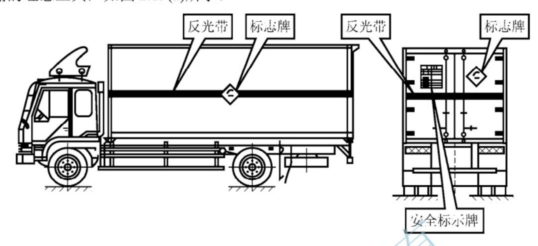


图 2.18　普通厢式货车

(3) 厢式冷藏车。该类车型是在厢式保温车的基础上添加制冷设备而成，既装有隔热结构的车厢，又装有制冷装置，用于运输生鲜食品，如图 2.19(b)所示。有的冷藏汽车还装有加热循环系统，以便在外界环境温度低于运输货物所要求的温度时，可利用加热装置使车厢内温度维持在指定的范围内。

(4) 厢式邮政车。厢式邮政车是在厢式运输车的基础上增添了邮政车特有部件而成，具有防尘、防雨、防盗、清洁卫生的特点，并设有通风换气装置，适用于邮政行业的运输，如图 2.19(c)所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载



(a) 厢式保温车



(b) 厢式冷藏车



(c) 厢式邮政车

图 2.19　厢式货车

4) 罐式货车

罐式货车是指装有罐状容器的运货汽车，用于运输水、油、液体、气体，以及粉粒状物料等。罐式货车具有密封较强的特点，常用于易挥发、易燃、危险品等货物的运输。某些罐式汽车还装有某种专用设备，用以完成特定的作业任务。图 2.20 所示为两款罐式货车。





图 2.20　罐式货车

(1) 罐式汽车的特点。罐式汽车具有以下优点。

① 提高了运输效率。由于罐体是装载物料的容器，可以采用机械化装卸方式，大大缩短了装卸时间，加快了车辆周转，从而提高了运输效率。

② 保证物料在运输途中不变质。罐体通常是个密封容器，罐内物料不受气候条件影响，如果物料对温度有要求，还可做成隔热罐体、加热罐体等特殊结构的罐体来保护物料。所以，物料不易变质，也不易污染和泄漏。

③ 改善装卸条件，减轻劳动强度。罐式汽车运输可实现装、运、卸机械化，且都在封闭状态下进行。大大减少了装卸工人人数和减轻了劳动强度，也避免了粉尘飞扬和散发异味。

④ 节省包装材料、降低运输成本。物料散装运输，节省了包装材料，增加了装载质量，从而降低了运输成本。

⑤ 有利于安全运输。由于是密封运输。物料不会泄漏，即使是有毒物质，也不会污染环境。对于易爆、易燃物品，也不易产生意外事故。

罐式汽车具有以下缺点。

① 因罐体是专用设备，只能装载规定的物料，往往在返程时是空车。

② 装卸货物要有相应的装料设备和接收设备。

(2) 罐式汽车的分类。按照运输货物种类和作业性质不同，可分为以下几类。

① 液罐汽车：用于装运液体物质的罐式汽车，如装运水、轻质燃油、润滑油、酸类、饮料、牛奶、酒类等的罐式汽车。液化石油气罐式汽车的结构如图 2.21 所示。

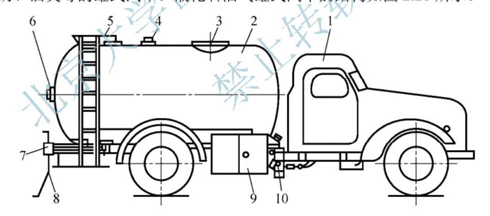


图 2.21　液化石油气罐式汽车的结构

1—汽车底盘；2—罐体；3—入孔；4—安全阀接管；5—扶梯及平台；6—液位指示器接管；
7—后保险杠；8—接地链；9—阀门箱；10—液泵

北京大学出版社版权所有 禁止转载

② 粉罐汽车：用于散装粉状物料的罐式汽车，如装运水泥、面粉、滑石粉、粉煤灰等的罐式汽车。图 2.22 为斜卧式粉罐车结构。

③ 颗粒罐汽车：用于散装颗粒状物料的罐式汽车，如装运谷物、豆类、颗粒盐、粒状塑料等的罐式汽车。

④ 气罐汽车：用于装运液化气体的罐式汽车，如装运液化石油气、液氮、液氧等的罐式汽车。

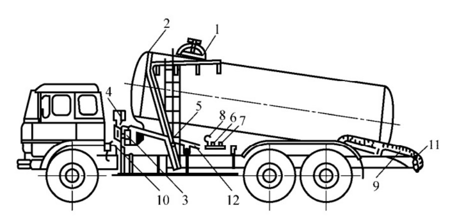


图 2.22　斜卧式粉罐汽车结构

1—装料口；2—排气阀；3—空气压缩机；4—滤气器；5—安全阀；6—进气阀；
7—二次喷嘴阀；8—压力表；9—装料口；10—调速器操纵杆；11—卸料软管；12—进气管道

⑤ 其他专用罐式汽车：能完成某种作业的罐式汽车。如混凝土搅拌运输车、洒水汽车等。

(3) 按照罐体能承受的内压力大小，可分为以下 4 个等级。

根据 GB 150—1989《钢制压力容器》，罐体按内压分级有 4 个等级。

低压罐体，0.1≤p<1.6 MPa。

中压罐体，1.6≤p<10.0 MPa。

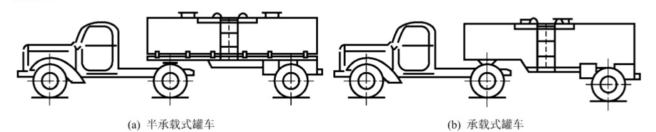
高压罐体，10≤p<100 MPa。

超高压罐体，p≥100 MPa。

(4) 按照罐体与汽车或挂车的连接方式不同，可分为以下两类。

① 半承载式罐车。罐体刚性固定在汽车或挂车的车架上，载荷主要由车架承受，罐体只承受部分载荷。罐体容积不太大的罐车多采用半承载式结构，如图 2.23(a)所示。

② 承载式罐车。罐体除作为容器外，还起车架作用，为无车架结构，全部载荷由罐体承受。由于省去了车架部分质量，所以在总质量一定情况下，装载质量要比半承载式罐车大一些，这对提高运输效率是有利的，但对罐体设计和制造要求也相应提高，如图 2.23(b)所示。



(a) 半承载式罐车　　(b) 承载式罐车

图 2.23　罐车按连接方式分类

5) 平台式货车

平台式货车主要用于运输集装箱等，如图 2.24 所示。

6) 仓栅式货车

仓栅式货车由栏板式货车加装框架而构成，雨天还可以盖上帆布，如图 2.25 所示。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

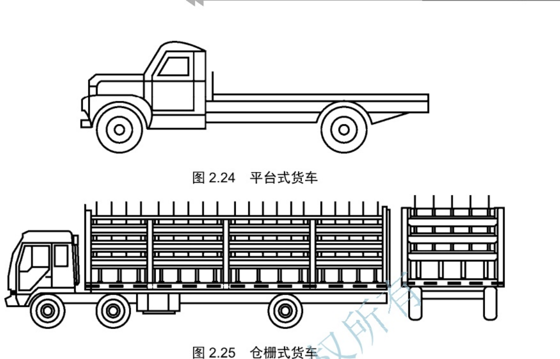


图 2.24 平台式货车

图 2.25 仓棚式货车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2.2.5 挂车

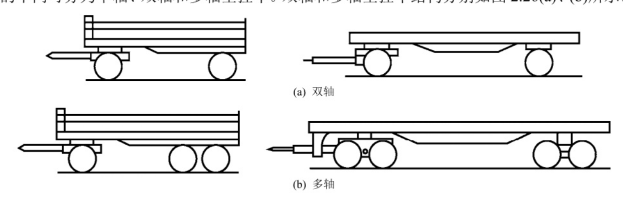
挂车是承载货物的平台或容器，本身没有动力，通过与牵引车连接后形成一个整体，应用于各种货物的运输。由于挂车相对独立，因此在货物运输抵达目的地或转运时可通过直接交付或交换挂车完成，减少作业时间、提高运输效率。挂车分为全挂车和半挂车等。

1. 挂车的分类

挂车可以按以下两种方式分类。

1) 按牵引连接方式不同分类

(1) 全挂车。全挂车是指至少具有两根车轴的挂车，采用牵引杆上的挂环与牵引车的牵引钩连接，牵引杆兼有牵引和转向功能，挂车的载荷全部由自身承受。全挂车按车轴数的不同可分为单轴、双轴和多轴全挂车。双轴和多轴全挂车结构分别如图 2.26(a)、(b)所示。



(a) 双轴

(b) 多轴

图 2.26 全挂车结构

(2) 半挂车。半挂车是指将车轴(单轴或多轴)置于车辆质心(均匀载荷时)后面，并且具有可将水平力和垂直力传递给牵引车的牵引连接装置的被牵引车辆。图 2.27 所示为半挂车结构，半挂车上的牵引连接装置通常采用牵引销，通过牵引销与牵引车的牵引座连接，挂车的部分载荷通过牵引座由牵引车承受。摘挂时用支撑装置维持半挂车的平衡。



图 2.27　半挂车结构

1—牵引销；2—支撑装置

2) 按用途不同分类

(1) 一般用途挂车：主要是指在敞开(平板式)或封闭(箱式)载货空间运载货物的挂车。在我国这是一种主要的汽车列车运输方式。

(2) 专用挂车：是用于承担专门运输任务或专项作业以及其他专项用途的车，它具有专用车厢及附属装置，只用于运输一定种类的货物，或某种特定形式的货物。

(3) 特种用途挂车：是用于承担专门作业任务、专供特种用途的挂车。它只有在装备了一定的专用设备后，才能用于运输货物或只完成特定的任务，如工程挂车，军用挂车(坦克运输车、导弹发射车)，移动电站等。特种挂车主要不是用来完成纯粹的运输任务，而是用来完成某一特定的工作任务的。

2. 挂车的主要技术参数

挂车的主要技术参数有两类，即尺寸参数和质量参数。

(1) 尺寸参数。挂车的尺寸参数主要包括：外廓尺寸(长、宽、高)，轴距，轮距，货台尺寸和挂车的连接尺寸等。

(2) 质量参数。

① 最大装载质量：挂车能够装载的最大质量。

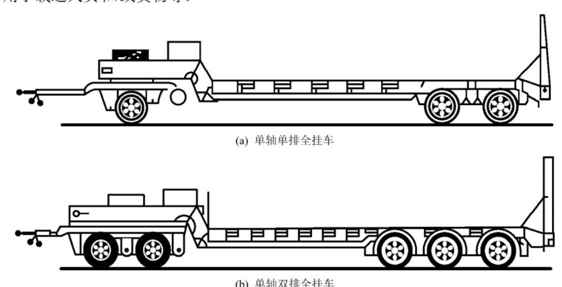
② 整备质量：挂车带有全部装备、尚未装载时的挂车质量。

③ 总质量：最大装载质量与整备质量之和。

④ 质量利用系数：挂车的装载质量与挂车的整备质量之比。

3. 全挂车

挂车的总重量由它自身承受的称为全挂车，通常全挂车也简称挂车，如图 2.28 所示。它是一种本身无动力，独立承载，依靠其他车辆牵引行驶才能正常使用的无动力的道路车辆，用于载运人员和/或货物等。



(a) 单轴单排全挂车

(b) 单轴双排全挂车

图 2.28　典型全挂车总体结构

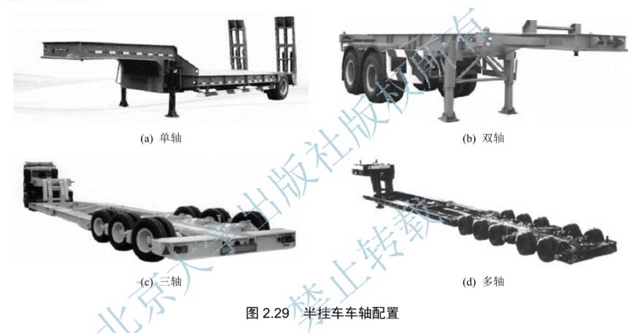
北京大学出版社版权所有 禁止转载

全挂车在与牵引车拖挂之前不需依附支腿完成支撑，而半挂车需通过支腿支撑才能保持稳定结构。

4. 半挂车

半挂车是车轴置于车辆重心(当车辆均匀受载时)后面，并且装有可将水平或垂直力传递到牵引车的连接装置的挂车，即挂车的总重量一部分是由牵引车承受的。其特点是本身无动力，与主车共同承载，依靠主车牵引行驶。

半挂车的装载质量主要取决于轮胎、轴、架的允许负荷，所以车轮部分的变化决定了挂车的装载质量。按车轴的配置及数量变化，由轻到重，从一轴到多轴排列分类，具体如图 2.29 所示。



(a) 单轴　(b) 双轴　(c) 三轴　(d) 多轴

图 2.29 半挂车车轴配置

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(1) 半挂车结构。由于半挂车的类型有多种，结构常依类型而异。多轴半挂车总体结构如图 2.30 所示。

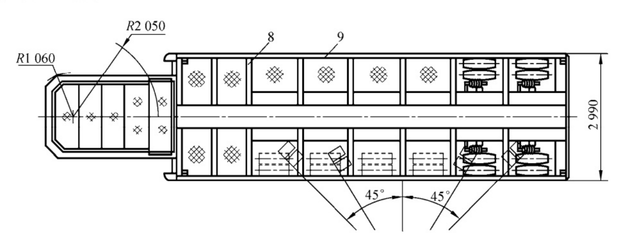


图 2.30 多轴半挂车总体结构

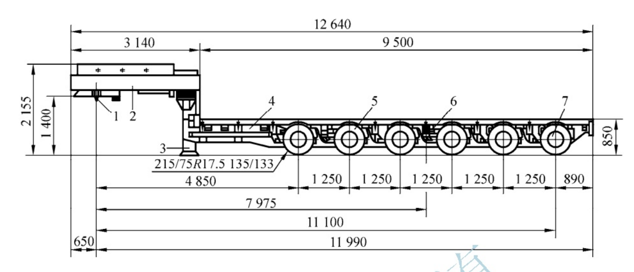


图 2.30　多轴半挂车总体结构(续)

1—牵引销；2—鹅颈；3—支撑装置；4—纵梁；5—车轮；6—悬架；7—制动系统；8—横梁；9—纵梁

半挂车的车架纵梁主要有平板式、鹅颈式和凹梁式 3 种结构，如图 2.31 所示。平板式车架整个货台是平直的，且在车轮之上，牵引车和半挂车的搭接部分的上部空间得到了充分利用，因而具有较大的货台面积。这种车架形式结构比较简单，容易制造，多用于超重型挂车。阶梯式车架亦称“鹅颈式”，车架呈阶梯形，货台平面在鹅颈之后，从而使货台主平面降低，便于货物的装卸和运输，但车架的受力情况不如平板式车架好。凹梁式车架货台平面呈凹形，具有最低的承载平面，一般适于运输大型或超高的设备。

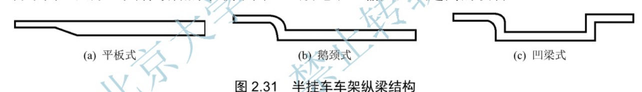


图 2.31　半挂车车架纵梁结构

北京大学出版社版权所有
禁止转载

(2) 半挂车的分类。按照半挂车的结构和用途不同分类，主要有以下几种类型，如图 2.32 所示。

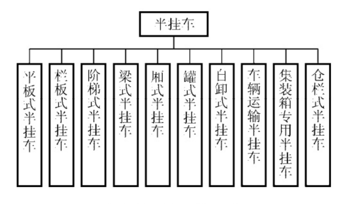


图 2.32　半挂车的分类

① 平板式半挂车。平板式半挂车整个货台是平直的，既无顶也无侧厢板，适于运输集装箱、钢材、木材及大型设备等，如图 2.33 所示。

② 栏板式半挂车。栏板式半挂车货台四周通过栏板保护，既可运输大型设备，又可运输散件货物，如图 2.34 所示。



图 2.33　平板式半挂车



图 2.34　栏板式半挂车

③ 阶梯式半挂车。阶梯式半挂车车架呈阶梯形，货台平面在鹅颈之后，由于阶梯式结构货台主平面降低，从而适合运输各种大型设备、钢材等，如图 2.35 所示。

④ 梁式半挂车。梁式半挂车货台平面呈凹形，具有最低的承载平面。凹形货台平面离地高度一般根据用户要求确定，适合超高货物的运输，如图 2.36 所示。



图 2.35　阶梯式半挂车



图 2.36　梁式半挂车

⑤ 厢式半挂车。厢式半挂车车身由用普通金属、复合材料或帘布等材料制造的全封闭厢体结构构成，以达到防腐蚀、防串味、防雨、防晒的目的，通常用于精密食品、饮料、干货、生鲜食品等货物的运输，如图 2.37 所示。

⑥ 罐式半挂车。罐式半挂车车身由罐体构成，可运输各类粉粒物料、液体等，既可节省包装，又可提高卸装料速度，载货后剩余率低，如图 2.38 所示。



图 2.37　厢式半挂车



图 2.38　罐式挂车

⑦ 自卸式半挂车。自卸式半挂车上设有液压举升装置，适用于各种物料的自卸运输，如图 2.39 所示。

⑧ 车辆运输半挂车。车辆运输半挂车专门用于运输轿车、面包车、吉普车、小型货车等车辆，如图 2.40 所示。

⑨ 集装箱专用半挂车。集装箱专用半挂车的货台为骨架结构，专门用于运输国际标准的 6.096m 集装箱、12.192m 集装箱，如图 2.41 所示。

⑩ 仓栏式半挂车。仓栏式半挂车车身由金属材料栅栏等制造全封闭箱体，用于禽畜等货物运输，如图 2.42 所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

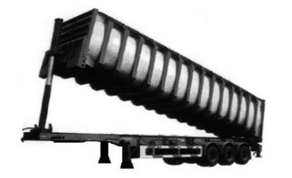


图 2.39 自卸式半挂车

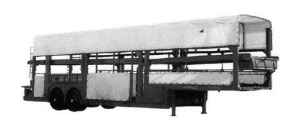


图 2.40 车辆运输半挂车



图 2.41 集装箱专用半挂车



图 2.42 仓栏式半挂车

北京大学出版社版权所有 禁止转载



国产半挂车未来的发展势头

挂车的种类很多，包括厢式半挂车、罐式半挂车、平板半挂车、集装箱半挂车、车辆运输半挂车等。

有数据表明，目前全国半挂车的市场保有量近 20 万辆。从 2000 年开始，在国内宏观经济调控及国民经济高速发展的影响下，半挂车的市场需求量不断增大，每年的产销量呈翻番增长态势，2004 年达到 121 250 辆的高峰。但是，2005 年半挂车的产销量突然急转而下降至 8 万余辆，半挂车的市场需求顿时出现了“拐点”。许多规模稍小及资金不足的半挂车生产企业都陷入困境，众多半挂车生产企业一时无所适从。

根据权威统计数据和业内专家的分析可以作出以下判断：宏观经济环境、标准法规变化是国内半挂车市场下滑的主要原因；未来两年国内半挂车市场需求将稳步增加；厢式半挂车、罐式半挂车将成为主打车型。

2.2.6 汽车列车

汽车列车是指一辆汽车与一辆或一辆以上挂车的组合。汽车为汽车列车的驱动车节，称为主车；被主车牵引的从动车节称为挂车。汽车列车是公路运输的重要车型之一，采用汽车列车运输是提高经济效益最简单而有效的一种手段。它具有快速、机动灵活、安全等优势，可方便地实现区段运输、甩挂运输和滚装运输。

汽车列车由牵引车、挂车和连接装置 3 大部分组成。常见的汽车列车主要有以下 5 种类型，各车型如图 2.43 所示。

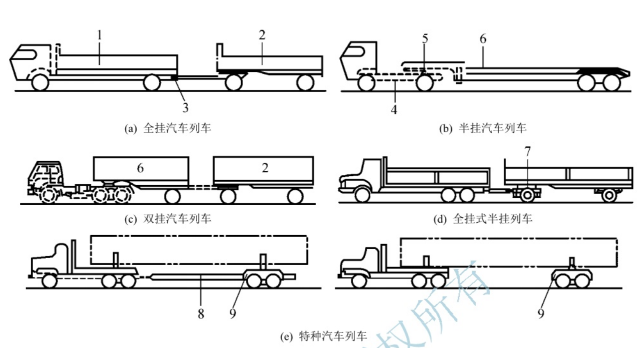


图 2.43 汽车列车的类型

1—货车；2—全挂车；3—牵引钩-挂环；4—牵引车；5—牵引座-牵引销；
6—半挂车；7—牵引拖台；8—可伸缩牵引杆；9—特种挂车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

1. 汽车列车的结构及特点

1) 全挂汽车列车

全挂汽车列车是指由一辆牵引车用牵引杆连接一辆或一辆以上的全挂车组合而成的汽车列车。牵引车是一辆载货汽车或配带牵引鞍座的专用汽车，在牵引汽车与全挂车之间用牵引连接装置连接组成全挂汽车列车。全挂车可以自行承担自身重量和载荷。牵引汽车在摘掉挂车后，可单独从事货运或拖带另一辆全挂车。

全挂汽车列车具有以下优点。

(1) 全挂汽车列车运输效率高，一般全挂汽车列车的装载量是单车的 2 倍左右。

(2) 全挂汽车列车燃料消耗低，百吨/km 燃料消耗比单车低 40%左右。

(3) 全挂车的制造成本低，一般一辆全挂车要比相配挂的牵引汽车的制造成本低 50%～60%。

(4) 全挂车结构简单，维修方便，维修费用低。

(5) 全挂车摘挂后可长期单独使用。

2) 半挂汽车列车

半挂汽车列车是指一辆半挂牵引汽车和一辆半挂车组合而成的汽车列车。半挂牵引车是用来牵引半挂车的汽车，其结构与普通载货汽车的区别是车架上无货厢，而装有鞍式牵引座，通过鞍式牵引座承受半挂车的部分载重量，并且锁住牵引销，带动半挂车行驶。半挂车是承载货物的平台或容器，本身没有动力，通过牵引车连接后形成一个整体，应用在各种货物运输中。由于半挂车相对独立，因此在货物运输抵达目的地或转运时，可通过直接交付或交换半挂车完成，减少了传统的装卸工序，显著提高了运输效率。

如图 2.44 所示是我国生产的一种车辆运输半挂汽车列车。为了能多装车辆，牵引车采

用载货汽车底盘改装，既能牵引，又能装车辆。牵引车与半挂车之间采用球铰连接，车身采用了特种车架结构，具有上、下两层，上车架的后端能绕前端铰点向下摆动，如虚线所示。下车架的后端装有弹簧助力式翻转后跳板总成，这样，装载车辆能自行装卸。装车时，跳板先伸出，再由液压举升装置将半挂车上车架后端向下摆到最低位，装载车辆经跳板自行上车，然后上车架在液压举升装置推动下后端向上摆，升到原定高度时由定位锁紧装置固定于后立柱上，使液压举升机构卸载。上层装满后再装下层，下层装毕后跳板复位。装载车辆的前后轮均用三角斜块定位，用固定带将装载车辆的车轮可靠地固定在车架底板上，以保证装载车辆运输安全。

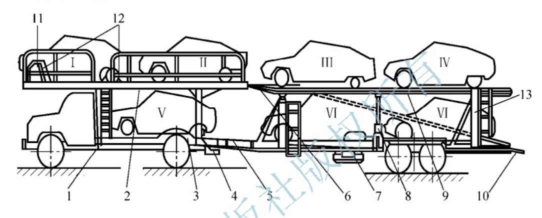


图 2.44　车辆运输半挂列车

1—牵引车；2—牵引车上车架；3—牵引车下车架；4—球铰总成；5—中部下跳板；6—中部上跳板；7—半挂车下车架；8—液压举升装置；9—半挂车上车架；10—后跳板总成；11—固定带总成；12—前后三角楔块总成；13—后立柱

另一种轿车运输半挂车结构如图 2.45 所示，采用了专用底盘，有较低的货台，装载车辆的密度也有增加，从而提高了运输效率和经济性，但结构较复杂。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

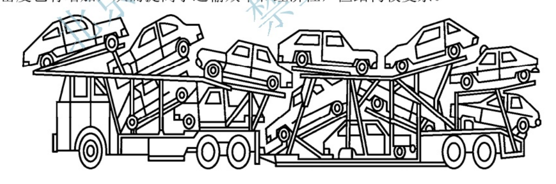


图 2.45　轿车运输半挂车结构

半挂汽车列车与全挂汽车列车相比，具有以下优点。

(1) 整体性能和机动性得到改善。牵引车与挂车之间是通过牵引座和牵引销相连接，因此，缩短了汽车列车的总长，因而使半挂汽车列车更具有整体性，机动性也较全挂车得到改善。

(2) 车厢装载面积进一步增大。

(3) 由于半挂汽车列车的部分装载质量通过牵引座作用到牵引车驱动桥上，从而可使驱动桥的附着质量增大，牵引车的牵引力得到充分利用。

(4) 牵引车的动力性能得到充分发挥。

(5) 由于采用牵引座和牵引销连接形式，行驶时的摆振现象大大减少，提高了行驶稳定性，因此半挂车汽车列车行驶稳定性较全挂汽车列车好。

(6) 避免了全挂汽车列车牵引钩与挂环之间的撞击、振荡现象，降低了行驶时的噪声。

3) 双挂汽车列车

双挂汽车列车是指由一辆半挂牵引车与一辆半挂车和一辆全挂车组合而成的汽车列车。由于双挂汽车又增加了一节挂车，所以载重量增加了，运输效率大大提高。但它要求牵引车具有更大的发动机功率，并且要求运行的道路条件要好。

4) 全挂式半挂汽车列车

全挂式半挂汽车列车是指由一辆牵引车用牵引杆连接一辆或一辆以上的半挂车组合而成的汽车列车。

5) 特种汽车列车

特种汽车列车是指具有特殊结构或装有专用设备的汽车列车，为专门运输长形物料的一种汽车列车，物料的前后两端分别与牵引车和挂车有机连接，物料本身构成了汽车列车的一部分。

2. 汽车列车的合理拖挂

汽车列车拖挂的主要问题是列车拖挂质量的确定。牵引车的拖挂质量就是牵引车能够牵引挂车的最大质量，所以，拖挂质量也就是挂车的总质量。试验证明：一般牵引车在额定载荷下用直接挡，以常用速度在良好路面上行驶时，仅利用了发动机相应转速下最大功率的40%～50%，相当于发动机最大功率的20%。因此，为了充分利用发动机的后备功率，有必要合理地确定拖挂质量。

确定合理的牵引车拖挂质量，必须以满足汽车列车的动力性和驱动条件为依据，具体应考虑以下基本条件。

1) 汽车列车满足比功率要求

汽车列车的比功率是指牵引车发动机的有效功率 P_e 与汽车列车的总质量之比，它是综合评价汽车列车动力性能的主要指标。要使汽车列车具有较高的平均行驶速度，并能在8%坡道上行驶，其速度不低于20 km/h时，比功率至少为6.8kW/t。在高速公路上行驶的汽车列车的比功率应在 6.6～8.1kW/t。为保证汽车列车具有一定的动力性和较好的经济性，我国规定：汽车列车的比功率不得小于 4.78kW/t，对于总质量 45t 以上的汽车列车，一般比功率范围为2.2～3.68kW/t，最低比功率值不得小于1.10kW/t。根据比功率的定义

$$P_C = \frac{P_e}{G_1}$$

式中：P_C —— 汽车列车的比功率；

P_e —— 牵引车发动机的有效功率；

G_1 —— 汽车列车的总质量。

只要确定了汽车列车的比功率值，且已知牵引车的总质量，就可计算出牵引车的拖挂质量。

设牵引车的总质量为 G_0，则拖挂质量 G_{t_1} 为

$$G_{t_1} = G_1 - G_0$$

北京大学出版社版权所有 禁止转载

式中：G_{t_1}——拖挂质量，指挂车的总质量(挂车总重+载重)。

2) 汽车列车满足起步条件要求

牵引车拖挂后，要求汽车列车在最大坡道上能用头挡起步。汽车列车在坡度为 i 的最大坡道上起步时(不计空气阻力)，驱动力平衡方程式为

$$F_{t_1\max} = G_2\left(af + i + \delta_L \frac{j}{g}\right)$$

式中：$F_{t_1\max}$——牵引车头挡最大驱动力，N；

G_2——满足起步要求的汽车列车总质量，N；

a——起步附加阻力系数，其数值取决于运行条件，如大气温度和路面状况，据试验，夏天取 1.5～2.5，冬天取 2.5～5.0；

f——滚动阻力系数(取 0.013 左右)；

i——最大坡度(取 8%～9%)；

δ_L——汽车列车头挡的旋转质量系数，在起步时通常取 1；

j——汽车列车起步时的加速度，其数值可取为 0.3～0.5，m/s^2。

满足起步条件的拖挂质量为

$$G_{t_2} = G_2 - G_0$$

3) 汽车列车满足爬坡能力要求

牵引车拖挂后，要求汽车列车能用二挡通过最大坡道，其驱动力计算公式为

$$F_{t_2\max} = G_3(f + i)$$

式中：$F_{t_2\max}$——牵引车二挡的最大驱动力，N；

f——滚动阻力系数(取 0.013 左右)；

i——最大坡度(取 8%～9%)；

G_3——满足爬坡能力要求的汽车列车总质量，N。

满足汽车列车爬坡能力要求的拖挂质量为

$$G_{t_3} = G_3 - G_0$$

4) 满足汽车列车大部分时间能用直接挡行驶

牵引车的动力性要求汽车列车在大部分时间能用直接挡行驶，汽车列车直接挡行驶的驱动力计算公式为

$$F_{t_0\max} = G_4 D_{0\max} + F_w$$

式中：$F_{t_0\max}$——直接挡的最大驱动力，N；

G_4——满足大部分时间直接挡行驶的汽车列车总质量，N；

F_w——对应直接挡最大驱动力车速时的空气阻力，N；

D_{0max}——直接挡最大动力因数(一般取 0.025～0.03)。

满足汽车列车大部分能用直接挡行驶的拖挂质量为

$$G_{t_4} = G_4 - G_0$$

合理的拖挂质量应取上述 4 个计算值中的最小者，即合理的拖挂质量为

$$G_t = \min\left\{G_{t_1}, G_{t_2}, G_{t_3}, G_{t_4}\right\}$$

北京大学出版社版权所有 禁止转载



案例 2-1

发展道路甩挂运输正当时

在美国、加拿大、西欧等发达国家，甩挂运输方式占社会运输总量的 70%～80%，最高时速达 120km。在新加坡、韩国、巴西等发展中国家，也得到很广泛的应用。如澳大利亚，一车 3 挂屡见不鲜，列车总长达 30～40m，核载质量达 70～80t。而在我国当前的物流大环境下，甩挂运输还难以全面推广，有必要、有条件开展甩挂运输的企业多之又多，真正取得成效的企业却寥若晨星，整体运输效能与欧美等发达国家之间存在着差距。

道路甩挂运输之所以能够成为当今世界通行的、先进的主流运输组织方式，与定挂运输相比，具有单位成本低、运行效率高、周转快等显著特点，可以产生可观的经济效益和良好的环境效果。

1. 能够有效节约资源

在相同的运输条件下，汽车运输效率的高低取决于汽车的载重量、技术速度和装卸时间 3 个主要因素。道路甩挂运输使汽车运输列车化，能相应提高车辆每趟次的载质量，从而提高驾驶员的工作效率，避免空车行驶，免除了装卸货的等候时间。试想，我国现有载货汽车保有量为 720 万辆，如果全面实行甩挂运输，那么，企业可减少 50%以上的牵引车购置成本或租赁费用，提高车辆平均运输生产力 30%～50%，降低成本 30%～40%，油耗下降 20%～30%。另外，道路甩挂运输事先把要运输的零散货物采用机械化手段装在承载装置中，大大缩短了车辆停驶和货物出库的时间，加快了货物周转的速度，创造了时间效益。运输工具的规格统一、容积固定、限量承载货物，有利于从根本上遏制超限超载运输现象。同时，也有效促进了“大吨小标”整改工作。

2. 促进多式联运的发展

为了提高运输效率，发达国家从 20 世纪 40 年代就开始多式联运。由牵引车将装载货物的集装箱拖至铁路货场或港口，牵引车与半挂车承载的集装箱分离后，再将集装箱吊装到火车或货船上进行转运。到达目的地后，由货物终到地的牵引半挂车运至堆场，这种运输大合作的组织形式降低了铁路车辆和船舶的搬运装卸频率。道路甩挂运输可衔接多种运输方式，采用整箱搬运装卸，几乎可以完全消除货损货差，实现“门到门”运输，使企业“零库存”变为可能，有利于建立循环经济运输产业。

3. 市场前景十分广阔

近年来，我国面临着巨大的区域经济增长和区域财富转移发展机遇，具有比较优势的高附加值、高科技产品和土特产品的贸易量迅猛增长，如日用百货、家用电器等，非常适合道路甩挂运输，货源稳定且充足。尤其是随着“东北振兴、中部崛起、西部开发”等开发战略的实施，宏观环境对社会需求的拉动力持续增长，西气东输、西电东送、南水北调等工程，还有年前的世博会工程等一大批国家重点项目开工建设，都将激发道路甩挂运输的市场需求量，交通运输业正迎来新一轮的黄金季节，道路甩挂运输业绩增长的动能极为充沛。

现在，我国正在大力推广道路运输专用车辆、厢式车辆、重型车辆，以优化运力结构，保障经济和社会发展需求。国家发改委和科技部等联合发布的《中国节能技术政策大纲年鉴》中提出“下一步将提高专用车、厢式车和重型汽车列车在载货车辆中的比重”。毋庸置疑，这是汽车运输发展史上运输装备的一次重大革新。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

1. 道路甩挂运输为什么能够成为当今世界通行的、先进的主流运输组织方式？
2. 我国为了适应道路运输发展的需要，运输装备应该如何应对？

北京大学出版社版权所有 严禁转载


【行业实践】

2.3 铁路运输装备

铁路是主要的现代化的运输工具，与其他运输方式相比，铁路运输广泛地应用于城市间的中长途客货运输，城市内和市郊的公共交通，特别是大量、快速的公共交通。铁路运输装备按其应用类型不同可分为：轻轨交通列车、快速轨道交通列车、市郊铁路列车、铁路客运列车、铁路货运列车、普通铁路列车、高速铁路列车、磁悬浮铁路列车等多种。常见的铁路列车由铁路机车与车辆组成。铁路运输在我国的国民经济中占有重要的地位。

2.3.1 铁路运输概述

1. 铁路运输的特点

铁路运输与其他运输方式相比，具有以下优点：运输能力大、运营费用低、适合于大批量低值商品的长距离运输；运行的计划性强、运输的准时性好；维护工作少、耐久性高、安全性强；可以方便地实现背驮运输、集装箱运输及多式联运。

同时铁路运输具有以下缺点：运行需要进行列车编组和中转改编等作业环节，占用时间较长，因而增加了货物的运输时间；由于装卸次数多，货物毁损或丢失事故通常比其他运输装备多；通常需要依靠其他运输装备的配合，才能实现“门到门”运输；对铁路路线的依赖性强，一旦某一路段发生故障，将影响其在全线上的正常运行。

2. 铁路运输的功能

铁路运输担负的主要功能是：既适合大宗低值货物的中、长距离运输，也适合运输散装的罐装货物，如煤炭、矿石、谷物、化工产品、石油产品等；大批量旅客的中、长途运输；货物的集装箱运输；市区及市郊的旅客运输。

3. 铁路运输及铁路运输装备的发展趋势

铁路运输近年来在客、货运输方面都得到了快速的发展，运输装备在技术性能方面也有了显著的提高。

1) 铁路运输重新得到各国政府的重视

铁路运输发展至今已有一百七十多年的历史，由于它具有许多优点，在 19 世纪末及 20 世纪初得到较快发展。凡经历了铁路大发展的国家，其现代经济也得到了快速发展，并演变为当今的发达国家。第二次世界大战后，由于航空和汽车工业的发展，尤其是高速公路的崛起，一些国家把交通运输的重点转向了公路和民航。但是成功的背后带来的诸多负面影响是公路交通拥挤不堪、事故频繁。尤其是大城市，尽管周边公路纵横，市区遍地高架，但汽车仍不能畅行。这些使人们不得不重新正视铁路运输的优越性，把发展大通道上的客货运输方式再度转向铁路运输，尤其是在发展城市及市郊旅客运输方面提倡城市铁路或轨道交通，铁路运输再度受到各国政府的重视。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2) 合理提高客货列车的运行速度

速度是交通运输现代化最重要的表现。客、货的送达速度是铁路运输的重要的技术经济指标，也是主要的质量指标。从货物运输的角度来看，提高运输车辆的运行速度，可以有效缩短货物的在途时间，增强铁路集装箱与公路、航空运输的竞争力。因此，各国都大幅度地提高了现有的列车运行速度。

3) 发展高速铁路已成为世界潮流

为了适应旅客运输高速化的需要，在 20 世纪 60 年代日本率先建成了时速 210km 的东海道铁路新干线。它成功的运营实践为铁路输入了新鲜血液，在世界范围内掀起了修建高速铁路的浪潮。法国、德国、英国、瑞典、西班牙等国家都修建了高速铁路，至今世界新建和改建的高速铁路总里程已超过了 15 000km，平均运行速度已经普遍提高到了 300km/h 左右。

4) 重视发展重载货物运输

铁路重载技术始创于 20 世纪 20 年代的美国，后来得到世界各国的重视。实践证明，重载运输是扩大运输能力、提高运输效率、加快货物输送和降低运输成本的有效方法。重载列车所能达到的重量，在一定程度上反映了一个国家铁路重载运输技术综合发展的水平。不同国家之间在列车重量标准上存在较大差异，基本上都是根据各自的铁路机车车辆特性、线路条件和运输实际需要确定列车的重量标准。为了充分利用铁路线路的能力，我国铁路运输要求货物列车牵引定数不得小于 2 600t，实际牵引重量一般为 3 000～4 000t。国外重载铁路的列车轴重大多集中在 28～32.5t，最大达 40t。目前美国、澳大利亚、瑞典、南非、巴西、俄罗斯等国的货车轴重均达到了 27t 以上，我国研发的 30t 轴重重载列车及其配套技术 2015 年已通过综合试验。

5) 应用新型大功率机车

为了适应重载列车重量大和列车编组长的特点，世界各国都在积极开发采用新型大功率机车，增加轮周牵引力；车辆提高轴重、减轻自重、采用刚性结构增加载重量；装设性能可靠的制动装置、高强度车钩和大容量缓冲器。

6) 增加行车密度

在大力提高列车重量和运行速度的同时，也要强调积极增加行车密度。因此，必须尽可能压缩追踪间隔时间，最大限度地增加行车密度。目前，先进国家已经普遍实行 5min 的运行间隔；一些国家的个别区段铁路运输间隔已经缩短到 4min。我国铁道部 2000 年 8 月也已发布“技术政策”，要求全国普遍提高密度，具体为：以客运为主的快速铁路，列车追踪间隔按 5min 设计；繁忙干线区段按 6min 设计。

7) 采用先进的信息控制技术和指挥系统

研制和采用先进的信息控制技术和通信信号设备，在营运中实现管理自动化、货物装卸机械化和行车调度指挥自动化等，同时也对技术站、装车站和卸车站进行与之配套的自动化设备改造。

2.3.2 铁路列车的参数

铁路列车的参数主要包括以下几个。

(1) 机车整备质量：机车按出厂技术条件装备完整(如备胎、工具等安装齐备)，各种油

北京大学出版社版权所有 禁止转载

水添满后的质量。

(2) 制动功率：机车在制动时制动器在单位时间内发出的功。

(3) 轴距：机车或其他车厢的轴距，又分固定轴距和全轴距。全轴距即最前轴到最后轴的距离，是影响列车“转盘长度”的主要参数。固定轴距则是在火车运行中始终平行的最前轴到最后轴的距离。如固定轴距过长，转弯时对轨道压力增加，甚至会导致出轨。

(4) 轴重：指的是转向架每根车轴可以承受的重量。

(5) 轴式：就是一台机车转向架的数目和每台转向架上车轴的数量。其中：A—根动轴，B—每台转向架上两根轴，C—每台转向架上 3 根轴；转向架的数量用“—”来表示；“0”表示该车轴上装有牵引电机。

(6) 启动牵引力：列车在启动时，动力输出装置输出的牵引力。

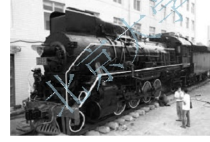
(7) 持续牵引力：列车匀速运行时，机车的牵引力。


【行业实践】

2.3.3 铁路机车

铁路机车俗称火车头，是铁路运输的基本动力。列车的运行和机车车辆在车站做有目的的移动均需要机车的牵引或推送。从原动力来看，铁路机车分为蒸汽机车、内燃机车、电力机车，如图 2.46 所示。从运用的角度铁路机车分为客运机车、货运机车、调车机车。客运机车要求速度快，货运机车需要功率大，调车机车要有机动灵活的特点。

北京大学出版社版权所有 禁止转载


(a) 蒸汽机车


(b) 内燃机车


(c) 电力机车

图 2.46 铁路机车类型

铁路运输装备的发展主要体现在铁路机车的动力源上，铁路机车的动力源发展经历了以下 3 个阶段。

(1) 蒸汽机车。蒸汽机车以蒸汽机作为动力源。利用燃煤将水加热成水蒸气，再将水蒸气送入汽缸，借以产生动力，来推动机车的车轮转动。由于其热效率低、能耗高、污染严重，因此在现代铁路运输中，蒸汽机车已经逐渐被其他类型的机车所取代。

(2) 内燃机车。内燃机车以内燃机为动力源，目前多为柴油内燃机。柴油内燃机可分为两类：一种是将内燃机所产生的动力经变速箱以机械的方式传递至车轮，称为柴油机车；另一种则是利用内燃机发电后供给马达，用电带动车轮产生动力，称为柴电机车，是我国铁路运输的主力机型。

(3) 电力机车。电力机车通过机车上部的受电弓与铁路沿线的电网接触获取电

量，一方面对内部的牵引电动机进行驱动，带动车轮转动，产生牵引动力；另一方面提供车内用电设备的用电。电力机车功率大，因而能高速行驶，牵引较重的列车，启动、加速快，爬坡性能好，环境污染小，但电气化线路投资大。

2.3.4　铁路车辆

铁路车辆是运送旅客和货物的工具，本身没有动力装置，需要连挂编组后与牵引机车组成铁路列车。按照其用途不同，铁路车辆可分为客车和货车两大类。

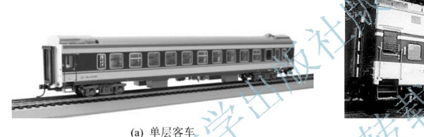
1. 客车

按层数的不同，客车有单层客车和双层客车，如图 2.47 所示。按功能和作用不同，客车又可以分为以下 3 类。

(1) 运送旅客的车厢，常见的有硬座车(YZ)、软座车(RZ)、硬卧车(YW)、软卧车(RW)。

(2) 为旅客提供服务的车厢，常见的有餐车(CA)、行李车(XL)。

(3) 特殊用途的车厢，包括邮政车(UZ)、公务车、卫生车、义务车、试验车和维修车等。



(a) 单层客车　　(b) 双层客车

图 2.47　铁路客车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. 货车

货车是指以运输货物为主要目的的铁道车辆。在特殊情况下，个别货车也用来运送旅客或兵员。有些铁道车辆并不直接参加货物运输，而是用于铁路线路施工、桥梁架设及轨道平衡检测等，这些车辆也归入货车类。

根据运输货物的类型不同，货车分为通用货车和专用货车两大类。其中，通用货车包括棚车、敞车和平车，能够装运多种货物；专用货车只能装运某些种类的货物，包括罐车、冷藏车、矿石车、长大货物车、毒品车、家畜车、水泥车、粮食车等。

(1) 棚车。在铁路物流中应用的主要铁道车辆之一，是铁道上主要的封闭式车型，应用较多的是侧滑开门式，可以采用小型叉车、手推车、手车等进入车厢内装卸；也有车顶设滑动顶棚式，拉开后和敞车类似，可采用吊车从上部装卸。主要装运防雨、防潮，防止丢失、散失等较贵重的物品，必要时也可运送人员或牲畜，如图 2.48 所示。

(2) 敞车。在货车总数中，敞车占 50%左右。敞车有地板、侧墙和端墙，而没有车顶，主要用来运输煤炭、矿石以及木材、钢铁等不怕雨淋的货物，货物上盖上防水篷布可代替棚车运送怕湿货物。有的敞车在地板上设底开门，散粒货物可由此卸到位于轨下的货位；有的敞车在端墙上开门，以便于容纳长的货物。目前，为了适应重载运输，敞车正向大载重方向发展，如图 2.49 所示。



图 2.48　棚车



图 2.49　敞车

(3) 平车。平车没有侧墙、端墙和车顶，但有的具有可以放倒的侧板和端板，总体讲为单纯的底架承载结构，可装运大型建筑材料、钢材、汽车、拖拉机及军用装备，低边平车还可装运矿石、煤炭等货物，如图 2.50 所示。

(4) 罐车。罐车专门用于装运液体、液化气或粉末状货物的车辆，外形为一个卧放的圆筒体。从结构上看，罐车可分为有底架和无底架两种结构。罐体既是装货容器，又是主要的承载部件。罐车按运载货物的类型分为轻油罐车、黏油罐车、沥青罐车、酸碱罐车、水泥罐车等，如图 2.51 所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

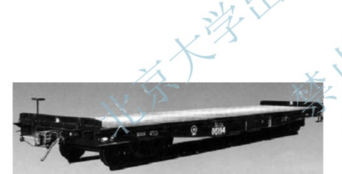


图 2.50　平车



图 2.51　罐车

(5) 冷藏车。冷藏车的外形结构类似棚车，也是整体承载结构，车体设有隔热层，加装有冷冻设备以控制温度，用于装运新鲜易腐货物。冷藏车具有车体隔热、气密性好的特点，在温热季节能通过车内的冷却装置使车内保持比外界气温低的温度；在寒季，还可用不加冷运送或用电热器加温运送，在车内保持比外界气温高的温度。根据制冷机制的不同，冷藏车可分为加冰冷藏车和机械冷藏车两大类，如图 2.52 所示。

(6) 家畜车。家畜车的结构类似于棚车，常用于活家畜及家禽的运输。家畜车一般为双层或多层结构，侧墙和端墙设有通风栅栏，如图 2.53 所示。

(7) 漏斗车。漏斗车车体的下部设有一个或多个漏斗形卸货口，卸货时货物从这里卸下。漏斗车可分为无盖漏斗车和有盖漏斗车两类，其主要特点是卸货方便，打开漏斗口的挡板，货物靠重力自行卸下。漏斗车主要用于装运煤、石碴、粮食、石灰石等散粒货物，如图 2.54 所示。





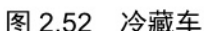
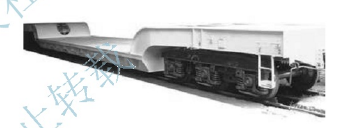

图 2.52 冷藏车


图 2.53 家畜车

(8) 长大货物车。用于装运大型或重型货物，如电力、冶金、化工、重型机械等行业的发电机定子、变压器、轧钢机牌坊、核电站压力壳等。长大货物车结构多种多样，以适应各种大型货物的运输，主要有长大平车、凹底平车、落下也车、双联平车、钳夹车等，如图 2.55 所示。


图 2.54 漏斗车


图 2.55 长大货物车

北京大学出版社版权所有 禁止转载


案例 2-2

“满俄欧”专列，推进经济新飞跃

(人民网 2016 年 3 月 26 日)

2016 年 3 月 25 日下午，首列从中国内蒙古满洲里始发的班列“满俄欧”装载着 43 个集装箱从满洲里铁路出发，前往目的地——俄罗斯雅罗斯拉夫尔。这条班列的开通将大大缩短中俄货物运输的时间和物流成本，并将充分发挥满洲里口岸城市的独特优势。

在世界经济一体化的今天，交通的快捷程度也在决定着各区域经济的发展状况，因而建设快捷的交通通道，发挥现有交通设施的优势，推动着地区经济的发展。中国与欧洲在产业与产能方面有着各自的优势，完全能够实现互利互补，中欧间的贸易量会越来越大，因而中欧在互通有无的贸易中，交通工具的选择，不仅要考虑物资运输的速度，即所运货物到达的时间，还应核算物资的运费如何，最大限度地降低物流成本，从而降低产品的成本，提高产品的竞争力。俄罗斯对我国的产品有着极大的需求，通过开通“满俄欧”班列，也会使国内的企业受益，将会运输更多国内的产品到俄罗斯，为国内企业在俄罗斯开拓新的销售市场和消费群体；同时，“满俄欧”班列始发于满洲里，也必将会带动当地企业发展，大大提升当地物流等一系列企业的发展，将当地升级为货物集散地，带动其他企业共同发展，对满洲及龙江经济带的经济发展起到促进作用。

随着“一带一路”战略的进一步实施，中欧各国、各地区之间的贸易量会越来越大，因而需要更加便捷的交通来满足物资贸易的需要。那么，随着我国铁路建设的逐步推进铁路网会越来越完善，西部铁路的运能、运量会越来越大，因而中欧贸易的铁路通道，会更加便捷，会助力“一带一路”建设快速的发展，助力地区经济实现质的飞跃。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

1. 铁路运输对国际物流业有什么影响?

2. 铁路运输将会给我国经济建设带来哪些影响?


【参考视频】

2.4 水路运输装备

水路运输是指利用船舶和其他浮运工具在江河、湖泊、水库等天然或人工水道和海洋上运送旅客和货物的一种运输方式。水路运输装备是指在江、河、湖、海上进行客货运输的各种船舶。在全球货物运输中水路运输量占运输量的 70%，与其他几种运输方式相比，水路运输具有占地少、通航能力大、运量大、运输成本低等优点。在整个运输体系中，水路运输主要承担大批量货物，特别是集装箱货物、原料和半成品散货的运输，如建材、石油、煤炭、矿石、粮食等，同时水路运输也是国际贸易运输的主要工具。水路运输的缺点是航速较低、受自然条件影响较大等。

2.4.1 水路运输概述

水路运输既是一种古老的运输方式，又是一种现代化的运输方式。在历史上，水路运输的发展对工业的布局和发展影响很大。水路运输为产品在商业的流通中提供运输服务，不仅是服务部门，而且是国民经济的基础产业，是联系全球性经济贸易的主要方式，担负着全球性、区域之间的货物运输，成为世界经济全球一体化和区域化服务的重要运输纽带，具有资本密集、技术密集、劳动密集和信息密集的特征。

1. 水路运输的特点

1) 水路运输优点

(1) 水路运输在技术性能上具有以下主要优点。

① 运输能力大。船舶可供货物运输的舱位及装载量比陆地和空中运输大。以石油运输为例，现有的超大型油轮，其每次运载的原油数量可以高达 56 万吨。而在长江干线，一只拖驳或推驳船队的载运能力已经超过万吨。

② 在运输条件良好的航道，船舶的通过能力几乎不受限制。通过江、河、湖、海及人工水道，将内陆经济腹地与世界连通。一般来说，水运系统综合运输能力主要由船队的运输能力和港口的通行能力决定。

③ 水路运输通用性能也不错，可以运输各种货物。水路运输的主要货物，以煤炭及其制品、石油天然气及其制品、矿石、建筑材料、粮食和钢铁材料为主，特别用于大宗货物的运输。

(2) 从经济指标上来看，水路运输具有以下主要优点。

① 水运建设投资少。水路运输可利用天然水道，除必须投资的各种船舶、港口

北京大学出版社版权所有 禁止转载

设施外，沿海航道几乎不需投资。且水运航道几乎不占用土地，节约了国家的土地资源。

② 运输成本低。水路运输在所有运输方式中是最为便宜的运输方式。运输 1t 货物至同样的距离，水运尤其是海运所消耗的能源最少；水运的运输成本约为铁路运输的 1/25～1/20，公路运输的 1/100。

③ 续航能力大。一艘大型船舶出航，所携带的燃料、食物和淡水，可以历时数日，这是其他运输方式无法比拟的。而且，现代化的船舶还具有独立生活的种种设备，如发电、淡水制造等，使船舶的续航能力大大提高、运输距离大大延长。

2) 水路运输缺点

水路运输与其他运输方式相比，主要有以下缺点。

(1) 运输速度较慢。船舶的平均航速较低，一般为 15～50km/h。运输途中时间长会增加货主的流动资金占有量。

(2) 受气候和商港的限制，可及性较低。水路运输过程由于受自然条件影响较大，特别是受气候、季节条件的影响较大，船舶遇暴风雨需及时躲避以防损失，遇枯水季节无法通行，因此呈现较大的波动性和不平衡性。水路运输受河流通航条件及海岸和港口条件的限制，其普遍性不如公路、铁路运输。此外，水路运输过程往往需要公路、铁路运输系统的配合才能完成。

(3) 船舶投资和港口建设投资巨大。航运公司订造或购买船舶需要花费大量的资金，回收期较长，且船舶一般没有移作其他用途的可能。港口基础设施的修建费用巨大，船舶大型化和装卸自动化的趋势使港口设施建设的投资费用进一步提高。

2. 水路运输与水路运输装备的发展

1) 水路运输的发展

近年来，水路运输得到了蓬勃的发展，而运输的发展也得益于运输装备的发展，二者相得益彰，水路运输发展主要体现在以下 6 个方面。

(1) 运输功能的拓展与运输方式的变革。现代运输强调物流的系统观念，在拓展港口功能、充分发挥港口集疏运作用的前提下，建立以港口为物流中心的由公路、铁路、水路、航空、管道等多种运输方式优化组合的多式联运系统，使整个物流流通更加通畅。海陆联运是国际多式联运的主要组织形式，这种组织形式以航运公司为主体，签发联运单，与航线两端的内陆运输部门开展联运业务，与大陆桥运输展开竞争。此外，海空联运的组织形式也得到了发展，这种组织形式以海运为主，最终交货运输区段由空运承担，充分发挥了海运和空运各自的优点。

(2) 转变航运经营方式与提高竞争能力。在航运市场竞争激烈的形势下，航运公司和港口的经营观念从单纯追求利润转变为追求低成本和高服务质量。这就要求航运公司和港口必须从单一的运输、装卸、仓储等分段服务，向原材料、产成品到消费者全过程的物流服务转变，为用户提供报关、流通加工、包装、配送等增值服务，运用“一票到底”的多式联运模式，以最简便的方式、最佳的运距、最短的时间完成运送程序，使物流的效率与效益得以最大限度地发挥。同时，服务价格也朝着更加弹性化、多样化、组合化的公开价格策略转变。所有这些，只有通过调整企业内部的经营结构，建立完善的港口物流管理系统，提高物流服务功能和效率，降低服务成本，才能真正提高竞争力。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(3) 船运专业化与运输全球化。在经济贸易全球化的现实下，运输全球化是必然的趋势，长距离的海上运输促进了船舶的大型化和专业化。从全球船型构成来看，油轮和散装船舶等专业化船舶占有很大的比例。随着集装箱运输的发展，杂货集装箱化的比重不断提高，集装箱船舶得到了迅速发展。

(4) 泊位深水化、码头专用化、装卸机械自动化。船舶大型化的趋势对港口航道、水域和泊位前沿的水深提出了更高的要求。例如，随着 5 500～6 500TEU 的超巴拿马型集装箱船成为干线运输的主流船型，就必然要求港口能够提供水深达 15m 以上的深水泊位，以满足大型集装箱船舶运营的需要。对流量大而稳定的货物，如散货、石油及其制品和集装箱的运输，出现了专用码头泊位。为了提高港口装卸的经济效益，专用的自动化装卸机械得到广泛应用，这些都大大提高了港口的通行能力。因此，泊位的专用化和装卸的高效化已成为现代化港口的发展趋势。

(5) 信息化、网络化。信息化、网络化是现代港口发展的重要特征。没有稳定高效的计算机物流系统，就没有港口集装箱运输系统的高效运作。现代物流管理和配送技术中大量使用着先进的信息技术和商品物流技术。应用先进技术手段，可实现物流全过程的可视化、自动化、无纸化和智能化，使得现代物流企业将包装、运输、装卸、仓储、配送、流通加工及物流信息处理等有机地结合在一起作为一个系统来管理。要求港口建立和完善港口 EDI 中心，实现电子通关和贸易无纸化，建立公共交易平台，充分利用物流能力，扩大增值服务，增强港口辐射能力。

(6) 国际海运市场的重心逐步转移。近几年来，在新技术的应用与推广、资本的积累、区域内贸易快速增长等方面，亚太地区一直维持着强劲的发展态势。世界船队的主要运力，如油轮、散装货轮、集装箱船等，目前已有 40%由亚太地区控制。以日本、韩国和中国为首的造船业已成为世界造船中心。我国集装箱生产量位居世界第一位，市场占有率高达 70%。在世界散货进口量和世界集装箱吞吐量中，亚太地区也占绝对优势。据统计，世界前 20 大集装箱班轮公司和集装箱港口中有 2/3 在亚洲。在亚洲海运业对国际海运业发展的重要影响中，我国所发挥的作用更是名列前茅。

2) 水路运输装备的发展

为适应水路运输的发展，水路运输装备的发展主要体现在船舶的大型化、高速化、专用化、自动化、节能与环保化 5 个方面。

(1) 大型化。随着货运需求量的增长、现代造船技术的发展、大型的船舶不断涌现，如：超大型油轮的载重量达 56.3 万吨，被称为新巨型集装箱船——“马六甲”船集装箱载箱量达 18 000 TEU。

(2) 高速化。随着造船技术的发展，船舶速度在不断提高，飞翔船的时速可达 160km。但由于船舶的装载量大，在低速范围内较其他运输工具的经济性高，目前在货物运输中追求的是综合性能。

(3) 自动化。由于信息技术、通信技术等高新技术的应用使得船舶自动化程度不断提高，近年来国外提出“智能化船舶”的概念。所谓“智能化船舶”是一种全自动化、全电脑化的船舶，其操纵和管理系统将由中心计算机统一指挥。该中心计算机可由船上人员控制，也可由地面控制站通过卫星通信进行监察和指挥。必要时，地面控制站还能向中心计算机发布和修改指令，直至改变航行计划。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

(4) 专用化。为适应特种货物贸易的需求和应付高成本的市场竞争，常规船型逐步向技术先进、营运效率高的专用船型发展。主要表现在两个方面：一是运输对象的专门化，早期表现为客货混载的客货混装船已逐步弱化，出现专门运输货物的货轮和专门运输旅客的客轮。二是针对某类货物的专门化，出现了专门运输某一类货物的运输工具。从航运市场的角度来分析，开展专用化运输有利于以密集型技术取代昂贵的劳动力，增加收入、提高效率。从造船角度看，专用船型可在一定程度上弥补产量的不足，因此形成了常规船型向专用化发展的市场吸引力。为了满足特种货物日益增长的运输需要，液体化学品、散装水泥、成套设备、浆状散货、汽车、牧畜等运输船型的发展十分引人注目。西欧地区的大多数船队都趋向于以技术密集型的高附加值专用船型取代常规船型。

(5) 节能化与环保化。节能与环保是当今世界人类追求的共同目标。船舶的节能以降低能源消耗、提高能源综合利用效率为目的。当前船舶燃油的消耗已经占到整个船舶营运开支的 60%(国外)，国内为 30%～40%。日本专家对一艘载重量 120 000t 油船的耗能装置的燃油和润滑油的耗能量计算表明，几乎有 62%的能量被徒劳地损耗掉。在 62%的损耗能量中：19%被排入大气；14%损耗在螺旋桨上；13%损耗在发动机的压缩空气里；7%损耗于冷却水；4%损耗在润滑油中，由此可以看出节能的潜力。

随着人们对环境污染的日益重视，《国际防止船舶污染海洋公约》(MARPOL 73/78 公约)的生效与实施，使得减少船舶对海洋和大气的污染成为未来船舶的发展趋势，出现了“绿色船舶”的概念。日本的“挑战 21 计划”提出未来造船技术的 3 大发展方向为：提高船舶的安全性；减少船舶对海洋和大气的污染；应用尖端新技术提高船舶技术水平。并据此形成了安全船舶计划、绿色船舶计划和尖端技术开发计划，这体现了未来船舶的发展方向。

2.4.2 船舶的构造、主要性能及分类

北京大学出版社版权所有 禁止转载

1. *船舶的构造*

从事运输的船舶主体是机动船舶，虽有大小之分，但其结构的主要部分大同小异。机动船舶主要由船体、船舶动力装置、舵设备、船舶舾装及其他装置和设备等部分构成。

1) 船体

船体是船舶的基本部分，可分为主体部分和上层建筑部分。主体部分一般指上甲板及以下的部分，由船壳(船底及船侧)和上甲板围成的具有特定形状的空心体，是保证船舶具有所需浮力、航海性能和船体强度的关键部分。船体一般用于布置动力装置、装载货物、储存燃油和淡水，以及布置其他各种舱室。为保障船体强度、提高船舶的抗沉性和布置各种舱室，通常设置若干强固的水密舱壁和内底，在主体内形成一定数量的水密舱，并根据需要加设中间甲板或平台，将主体水平分隔成若干层。上层建筑位于上甲板以上，由左、右侧壁，前、后端壁和各层甲板围成，其内部主要用于布置各种用途的舱室，如工作舱室、生活舱室、储藏舱室、仪器设备舱室等。上层建筑的大小、楼层和形式因船舶用途和尺度而异。

2) 船舶动力装置

船舶动力装置是指保证船舶航行、作业、停泊及船员旅客正常工作和生活所需的机械设备的总和。包括推进装置、辅助机械设备和系统两大部分。

(1) 推进装置由主机、减速装置、传动轴系及驱动推进器等部分组成。主机经减速装

置、传动轴系以驱动推进器。目前，船舶的主机可分为蒸汽动力式、汽轮机式、柴油机式、燃气轮机式、核动力式等多种形式，在商务运输船上多采用柴油机式。

(2) 辅助机械设备和系统(也称辅机)包括：为推进装置的运行服务的部分，如燃油泵、滑油泵、冷却水水泵、加热器、过滤器、冷却器等；船舶电站，为船舶的甲板机械、机舱内的辅助机械和船上照明等提供电力；其他辅助机械和设备，如锅炉、压气机、船舶各系统的泵、起重机械设备、维修机床等。

3) 舵设备

舵设备关系到船舶的操纵性能，是保证船舶安全航行并使船舶按照设定航线航行的主要设备。舵设备主要由操纵机构、舵机、转舵机构，以及舵等几部分组成。

4) 船舶舾装

船舶舾装包括舱室内装结构(内壁、天花板、地板等)，家具和生活设施(炊事、卫生等)，涂装和油漆，门窗，梯和栏杆，桅杆，舱口盖等。

5) 其他装置和设备

其他装置和设备包括锚设备与系泊设备，救生设备，消防设备，船内外通信设备，照明设备，信号设备，导航设备，起货设备，通风、空调和冷藏设备，海水和生活用淡水系统，压载水系统，液体舱的测深系统和透气系统，舱底水系统，船舶电气设备等。

2. 船舶的主要性能

1) 航行性能

为了确保船舶在各种条件下的安全和正常航行，要求船舶具有良好的航行性能，这些航行性能包括浮性、稳性、抗沉性、快速性、摇摆性和操纵性。

(1) 浮性：在一定的装载情况下，船舶在水中具有正常浮态漂浮的能力。

(2) 稳性：船舶在外力(或外力矩)的作用下偏离原平衡位置时，当外力(矩)消除后船舶恢复到原平衡位置的能力。

(3) 抗沉性：当船舶破舱淹水后保持浮性和稳性不致沉没和倾覆的能力。

(4) 快速性：船舶主机功率一定时所能达到最高航速或者在一定的航速要求下船舶消耗最小功率的性能。

(5) 摇摆性：船舶在外力的影响下，做周期性的横纵向摇摆和偏荡运动的性能。

(6) 操纵性：船舶保持航向和改变航向的能力。

2) 船舶载重性能

船舶作为运载货物的工具，其装载货物重量的大小的能力，主要取决于船舶载重性能，通常用船舶排水量、载重量和载重线标志等方法表示。

(1) 排水量：船体在水中的部分所排开水的重量(单位：吨)。按照船舶装载状态的不同，排水量可分为：空船排水量、满载排水量、装载排水量。

(2) 载重量：在船舶运输生产中更为重要的是船舶的载重能力，即船舶的载重量。载重量分为总载重量和净载重量。

(3) 载重线标志：勘绘在船中部两侧船壳板上作为在不同条件下船舶的载重量限制，保证船舶在不同条件下航行的安全。

3) 船舶容积性能

船舶所具有和容纳各类货载体积的性能就是船舶的容积性能，通常由船舶的货舱容积、

北京大学出版社版权所有 禁止转载

登记吨位和舱容系数来反映。

(1) 货舱容积：是指船舶货舱实际能够装载货物的空间，一般分为散装容积与包装容积两种。

(2) 登记吨位：是指船舶为登记注册的需要，按照有关的丈量公约或规范所规定的丈量办法和计算公式和船舶容积吨位，一个“吨位”等于 2.83m 的丈量容积，又称 1 个容积吨。根据不同的用途分为总吨位、净吨位和运河吨位。

(3) 舱容系数：是指货舱总容积和船舶净载重量的比值，即每一吨净载重所拥有的货舱容积。舱容系数可表示船舶适宜装载重货还是轻货。船舶资料中所列的舱容系数是指船舶在夏季满载水线下为保持最大续航能力装足燃油、淡水、供应品等重量的这一条件下的数值。

3. 船舶分类

随着世界经济的发展，现代运输船舶种类繁多，分类方式也有多种，各种分类不尽相同。常按照有无推进动力、国籍、航程，以及目的和用途等分类。

(1) 按有无推进动力，船舶可分为机动船和非机动船，机动船按推进主机的类型又分为蒸汽机船(现已淘汰)、汽轮机船、柴油机船、燃气轮机船、联合动力装置船、核动力船等。

(2) 按照国籍不同分为国轮与外轮。国轮指在本国登记并悬挂本国国旗的船舶，外轮指在外国登记并悬挂外国国旗的船舶。

(3) 按照航程远近分为近海轮与远洋轮，两者的航行能力是不同的。

(4) 按目的和用途不同船舶可分为军用船与民用船。民用船又可分为商船、工程船、工作船、渔船、渡轮等。商船指用于载运旅客和货物的船舶，也称为运输船舶。按用途不同运输船舶分为客船、货船、客货船等。专门用于运送旅客的船舶称为客船；专门用于运送货物的船舶称为货船；客货兼运的船舶称为客货船。工程船是从事水上专门工程技术业务的船舶总称，包括挖泥船、起重船、浮船坞、救捞船、布设船、打桩船等。工作船是指为航行服务或进行其他业务工作的船舶，包括破冰船、领航船、供应船、消防船、测量船等。渡轮以运载汽车为主，兼载少量的货物、乘客。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

2.4.3 货船

根据所运输货物的种类不同，货船分类如图 2.56 所示。

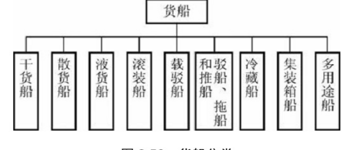


图 2.56 货船分类

1. 干货船

干货船又称杂货船。以装运成包、成箱、成捆，以及各种包装、桶装等货物为主要业务。干货船排水量可从几吨到几万吨，根据运输货物的批量及航线和港口情况进行选择。

干货船具有 2～3 层全通甲板，根据船的大小设有 3～6 个货舱，每个货舱的甲板上有舱口及吊杆或吊车以装卸货物，底部常采用双层底结构以保证船舶的安全。干货船还可分为普通型和多用途型。普通型干货船装卸效率较低；多用途型干货船，既可装件杂货，又可装散货、集装箱，甚至原装货，以提高揽货能力与装卸效率，提高水运运营的经济性，如图 2.57 所示。

2. *散货船*

散货船指专门载运谷物、煤炭、矿石等粉末状、颗粒状、块状的非包装类大宗货物的运输船舶。它具有运货量大、运价低等特点，目前在各类船舶的总吨位数量排名中占据第二位，约为 1.5 亿吨。为了具有良好的适航性能，散货船具有特殊的结构，其主要特点有：单层甲板，设有双层底舱、船舱多在船尾、船体宽大、航速较低，多在 15 节以下(1 节=1 海里/小时=1 852m/h)，如图 2.58 所示。



图 2.57　干货船



图 2.58　散货船

根据散货船的功能不同可分为以下 3 类。

(1) 专用散货船，即专门用于某种货物运输的散货船，如运煤船、散粮船、矿砂船、散装水泥船等。

(2) 兼用散货船，在装运散货的同时，还能装运其他特定货物，如车辆散货船、兼用船等。

(3) 特种散装船，包括大舱口散货船(舱口宽度达船宽的 70%，装有起货设备)、自卸散货船(通过所装载的自卸系统实现卸货自动化)和浅吃水肥大型船等。

3. *液货船*

液货船主要是专门用于运输液态货物的船舶，如油船、液化气船和液体化学品船等。由于液体散货的理化性质差别很大，因此运送不同液货的船舶，其构造与特性均有很大差别。

1) 油轮

油轮是专门用来装运散装石油类(原油以及石油产品)液体货物的船舶。一般分为原油船和成品油船两种。油船通常只设一层甲板，住舱及上层建筑均设置在船尾部以便防火与输油管道布置。其油货舱为双层纵舱壁和双层壳的结构形式，各个油货舱都是油气膨胀舱口，设有水密舱口盖，并依靠油泵和输油管进行装卸。甲板上布置有大量的与泵连接的输油管道，并设有纵通全船的步桥，供船员通行。油轮在所有的船舶中吨位最大，目前全油

北京大学出版社版权所有
禁止转载

船总吨数已达 3.7 亿吨，单船最大吨位达 70 万吨，如图 2.59(a)所示。

2) 液化气船

液化气船是用来专门装运液化天然气和石油气的船舶。将气体冷却压缩成为液体，大大减少它的体积后装载在船内运输，这种专用船即称为液化气船。液化气船分为液化石油气船(Liquefied Petroleum Gas，LPG)、液化天然气船(Liquefied Natural Gas，LNG)和液化化学气船(Liquefied Chemical Gas，LCG)。采用常温加压方式运输的液化气体，装载于固定在船上的球形或圆筒形的耐压容器中。采用冷冻方式运输的液化气体，装入耐低温的特种钢材制成的薄膜式或球式容器内，外面包有绝热材料，并装有冷冻系统。加压式适用于小型船舶，载重量在 4 000t 以上的船舶以冷冻方式运输较多。此外，还有一种低温低压式液化气船，又称半冷冻式液化气船，它采用的是在一定压力下使气体冷却液化的方式，如图 2.59(b)所示。

3) 液体化学品船

液体化学品船是专门载运各种液体化学品，如醚、苯、醇、酸等的液货船。由于液体化学品一般都具有易燃、易挥发、腐蚀性强等特征，有的还有剧毒，所以对船舶的防火、防爆、防毒、防泄漏、防腐等方面有较高的要求，通常设双层底和双重舷侧。一般化学品船舱室小而数量多，备有泵及管系和灵活的装卸设备，如图 2.59(c)所示。



(a) 油轮　(b) 液化气船　(c) 液体化学品船

图 2.59 液货船

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4. 滚装船

滚装船装运的货物单元为载货车辆。它类似于汽车与火车渡船，将载货的车辆连货带车(或带轮托盘、半挂车)一起装船，到目的港后一起开出船外。车辆通过在船尾部或船首部、船舷部的跳板进出船舶，因此船舶及码头均无须装卸设备，没有货舱口，装卸效率较高。滚装船改变船舶垂直方向装卸为水平方向装卸，从而借助于车辆进行滚上滚下装卸。滚装船具有多层甲板，主甲板下通常是纵通的无横舱壁的甲板间舱，甲板间舱高度较大，适用于装车；首尾设有跳板，供车辆上下船用；船内有斜坡道或升降机，便于车辆在多层甲板间舱行驶；主甲板以下两舷多设双层船壳；机舱位于尾部，多采用封闭式；从侧面看，水上部分很高，没有舷窗。滚装船装卸速度较高，可达普通货船的 10 倍，适宜装载特大、特重、特长货物，便于实现“门到门”运输。但滚装船的舱容效率较低，通常为 30%～40%，空船较重且为调整稳定性需加压载，船舶造价最贵，如图 2.60 所示。

5. 载驳船

载驳船也称母船，驳船也称子船，是由一种特殊的运输方法而得名的。载驳船运输时先将货物装到同一规格的驳船上，再将驳船装到载驳船上，到达目的港后将驳船卸到水中由拖船(推船)拖(推)至目的地，是一种大船装小船的运输方法。相对其他货船，载驳船的运

输方法最大优点是装卸效率高，运输成本低；不受港口水深影响，不需占用码头泊位，不需装卸机械。载驳船的装卸方式有 3 种：利用载驳船上的尾部门式起重机、尾部驳船升降平台或浮船坞原理装卸载驳船。这种运输方法是实现河海直达运输的有效方法，如图 2.61 所示。



图 2.60　滚装船



图 2.61　载驳船

6. 驳船、拖船和推船

驳船没有动力推进装置、没有锚或舵、没有装卸机械等设备，是靠工作船拖动的单甲板船。多用于转驳那些由于吃水原因不便于进港靠泊的大型船舶的货物或组成驳船队运送货物。驳船具有结构简单、造价低廉、管理维护费用低、编组灵活等特点，适用于浅狭水道运输，如图 2.62(a)所示。拖船和推船专门用于拖拽或顶推其他船舶、驳船队、木排或浮动建筑物的机动船，它本身并不装载货物，是一种多用途的工作船，如图 2.62(b)所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

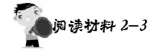


(a) 驳船



(b) 拖船

图 2.62　驳船和拖船



中国石油首个“工厂化”作业示范区建成

“我们在苏里格地区已经建成中国石油首个‘工厂化’作业示范区。”2016 年 6 月 13 日，看到川庆钻探长庆 50053 钻井队、50065 钻井队和 40636 钻井队同栖苏里格东南 G0—7 井场联动作业的壮观场面，长庆油田公司采气一厂副厂长、产能建设项目经理王振嘉说，“目前在苏里格地区，像 G0—7 井场这样大规模的‘工厂化’作业，已部署 9 处。”

“工厂化”作业作为一项先进的施工组织管理模式，在国外天然气开采企业已运作多年。油气田开发的“工厂化”作业，即采用“群式布井、规模施工，整合资源、统一管理”方式，把钻井中的钻前施工、

材料供应、电力供给等，储层改造中的通井、洗井、试压等，以及工程作业后勤保障和油气井后期操作维护管理等工序，按照“工厂化”组织管理模式，形成一条相互衔接和管理集约的“一体化”组织纽带，并按照各工序统一标准的施工要求，以流水线方式，对多口气井施工过程中的各个环节，同时利用多机组进行批量化施工作业，从而集约建设开发资源，提高开发效率，降低管理和施工运营成本。

苏里格气田属于国际上罕见的低渗、低压和低丰度气田，开发难度属世界级，开采成本高。2012 年，按照中国石油“将苏里格东南区建成世界典型致密气田开发‘工厂化’作业示范区”的要求，负责这个地区开发管理的长庆油田采气一厂，在认真分析国外“工厂化”作业技术特点及先进经验的基础上，不断加强自主研发及试验，在大井组井场布局、快速钻井技术、高效水平井压裂工艺等方面，率先进行“工厂化”作业。

2016 年年初，采气一厂利用川庆钻探长庆井下 S00519—机组，在靖 43—38 井水平井井组，通过采用长庆自主研发的水力喷射工具，首次实施“工厂化”压裂作业试验，一次性压裂改造达 9 段。批量化的压裂组织方式，实现提速提效的双赢。与常规施工相比，施工时效提高 35%左右，储液罐等设施的一次安装综合利用，避免重复动迁，单井降低作业费用 10 万元。压裂液的集中回收，避免或减少了对环境的污染。

初尝甜头的采气一厂把“工厂化”作业在气田开发中大面积推广。目前，在采气一厂已完成的近百口水平井“工厂化”作业中，以部署 9 口井的一个规模化施工井场为例，井场平整仅需用地 0.5 公顷，比原模式开发节约用地 1.29 公顷。新模式减少井场道路 8 条，节约用地 3.2 公顷；气井采用串接式管线，少建管线 45.5 公里。集约式井场的利用，减少钻前井场施工周期 45 天。

7. 冷藏船

冷藏船是专门运输易腐货物，如鱼、肉、水果、青菜等的船舶。它通过特有的制冷和隔热系统，将货物保持在一定的低温条件下，以使货物送达目的地时仍能保持一定的新鲜程度。冷藏船舱口尺寸较小，设有多层甲板，舱口高度较小，船壳多漆成白色，以防日晒的热气辐射。除航行动力及装卸主副机外，还装有冷冻机、送风机、抽风机等。根据不同货种，冷藏舱的温度可在-25℃～15℃进行调整。冷藏船的吨位较小，航速较高，如图 2.63 所示。

8. 集装箱船

集装箱船是装运规格统一的标准集装箱的货船。集装箱船在船型与结构方面与常规杂货船有明显不同，其外形瘦长，通常设置单层甲板，设有巨大的货舱口，上甲板平直，货舱内部与甲板上均可装载集装箱。绝大多数的集装箱船上不设起货设备，因而需停靠专用集装箱码头，通过岸上专用起重机、集装箱装卸桥来进行装卸。集装箱船按载箱数多少(按标箱 TEU 计算)分为第一代、第二代、第三代等。载箱数大致分别为 1 000TEU、2 000TEU 及 3 000TEU，现已发展到第五代、第六代集装箱船，载箱数为 6 000TEU 以上。集装箱船的平均航速在 20 节(1 节=1 海里/小时=1.852 公里/小时)左右，最高可达 33 节。集装箱船具有装卸效率高、经济效益好等优点，因而得到迅速发展，如图 2.64 所示。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



图 2.63 冷藏船



图 2.64 集装箱船

9. 多用途船


【参考视频】

多用途船即可以装运杂件货、散货、集装箱、重大件货和滚装货的船舶，是在 20 世纪 60 年代发展起来的。大多数多用途船设置两层甲板，机舱口在尾部，其型宽比普通货船大，型深以装运集装箱所需层数确定，吃水多在 9.5m 以下，符合世界大多数港口要求，一般设置舷边舱作压载舱，航速多为 16～18n mile/h。多用途船适宜在不定期航线及班轮航线运输非适箱货和部分集装箱，发展前途很好。

2.5 航空运输装备


【行业实践】

航空运输是指使用航空器运送人员、货物、邮件的一种运输方式。它是现代旅客运输，尤其是远程旅客运输的重要方式；也是国际贸易中的贵重物品、鲜活货物和精密仪器运输的重要运输方式。航空运输装备主要指航空器，航空器分为重于空气和轻于空气两种类型，而每一种又分为有动力驱动和无动力驱动两类。飞机是重于空气且用动力驱动的，是航空运输的主要运输装备。

2.5.1 航空运输概述

1. 航空运输的特点

现代航空运输是社会生活和经济生活的一个重要组成部分，是目前发展最快的一种运输方式。航空运输的快速发展和它自身的特点密切相关。与其他运输方式相比，航空运输的优点表现在以下几个方面。

(1) 速度快。航空运输在各种运输方式中运输速度最快，也是航空运输的最大特点和优势，其时速为 1 000km 左右，且距离越长，所能节省的时间越多，快速的优势也越显著。因而航空运输适用于中长距离的旅客运输、邮件运输和精密、贵重货、鲜活易腐物品的运输。

(2) 机动性大。飞机在空中运行，受航线条件限制的程度相对较小，可跨越地理障碍将任何两地连接起来。航空运输的这一优点使其成为执行救援、急救等紧急任务中必不可少的手段。

(3) 舒适、安全。现代民航客机平稳舒适，且客舱宽敞、噪声小，机内有供膳、视听等设施，旅客乘坐的舒适程度较高。随着科技进步和管理的不断改善，航空运输的安全性比以往有很大的提高。

(4) 基本建设周期短、投资少。发展航空运输的设备条件是添置飞机和修建机场。这与修建铁路和公路相比，建设周期短、占地少、投资省、收效快。

航空运输的主要缺点是飞机机舱容积和载重量都比较小，运载成本和运价比地面运输高。飞机飞行往往要受气象条件限制。此外，航空运输速度快的优点，在短途运输中难以显示。

2. 我国航空运输的前景

2005 年，我国内地航空公司定期航班完成总周转量 257.765 亿吨 • 千米。国际

北京大学出版社版权所有 禁止转载

民航组织(International Civil Aviation Organization，ICAO)的统计信息显示，除我国香港、澳门和台湾地区的民航空运量，中国民航航空运输总周转量在全世界的排名为第二位。其中，国际航线完成运输总周转量 83.87 亿吨·千米，世界排名第十位；客运完成 2 019.61 亿客·千米，排名第二位，仅次于美国；货运完成了 75.79 亿吨·千米，排名第四位。20 世纪 90 年代以来，中国民航进入了高速发展时期，航班、航线年均增长速度达到 9.1%以上。截至 2004 年年底，我国定期航班航线达到 1 200 条，其中国内航线(包括香港、澳门航线)975 条，国际航线 225 条，境内民航定期航班通航机场 133 个(不含香港、澳门)，形成了以北京、上海、广州机场为中心，以省会、旅游城市机场为枢纽，其他城市机场为支干，连接国内 127 个城市，连接 38 个国家 80 个城市的航空运输网络。

截至 2015 年年底，全国 31 个省市共规划了 150 多个航空产业园，无一例外都将飞机制造作为核心产业。根据中国民航总局的规划，到 2018 年，中国将形成基本覆盖全国的辐射式航线网络。届时，中国民航的机队将达到 1 618 架，其中大型飞机 1 219 架，小型飞机 399 架。未来中国国内航线布局发展的重点将在沿海开放地区、西部交通不便地区和中部的一些旅游城市。因此，中国民航将继续扩大以北京、上海、广州等城市为中心的航线网络布局；增加省会、自治区首府城市和主要开放城市及旅游城市之间的航班密度；同时，进一步完善和发展中西部地面交通不便地区和东南沿海经济发达地区的支线航线。除现有以乌鲁木齐、昆明、成都为中心的辐射式航线网外，中国民航还将逐步形成以杭州、广州、武汉、哈尔滨和西安为中心的辐射式航线网和以济南为中心的环渤海、黄海支线网络。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2.5.2 飞机的基本组成

常用的民用运输飞机由 5 个主要部分组成：机翼、机身、尾翼、起落装置和动力装置，如图 2.65 所示。

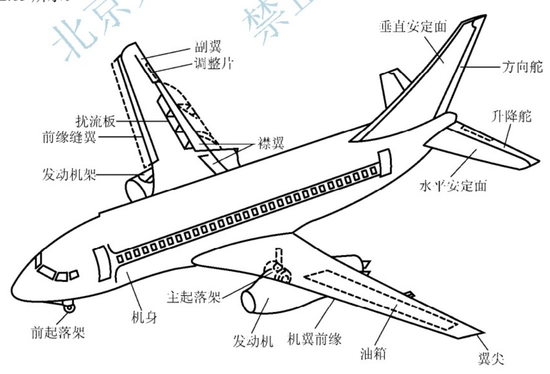


图 2.65 飞机组成示意图

1. 机翼

机翼的主要功用是为飞机提供升力，以支持飞机在空中飞行，也起一定的稳定和操纵作用。在机翼上一般安装有副翼和襟翼。操纵副翼可使飞机滚转，放下襟翼能使机翼升力系数增大。另外，机翼上还可安装发动机、起落架和油箱等。机翼有各种形状，数目也有不同。在航空技术不发达的早期，为了提供更大的升力，飞机以双翼机甚至多翼机为主，但现代飞机一般是单翼机。

2. 机身

机身的主要功用是装载乘员、旅客、武器、货物和各种设备，还可将飞机的其他部件如尾翼、机翼及发动机等连接成一个整体，但是飞翼是将机身隐藏在机翼内的。

3. 尾翼

尾翼包括水平尾翼(平尾)和垂直尾翼(垂尾)。水平尾翼由固定的水平安定面和可动的升降舵组成(某些型号的民用机和军用机整个平尾都是可动的控制面，没有专门的升降舵)。垂直尾翼则包括固定的垂直安定面和可动的方向舵。尾翼主要是用来操纵飞机俯仰和偏转，以及保证飞机能平稳地飞行。

4. 起落装置

起落装置又称起落架，用来支撑飞机并使它能在地面和其他水平面起落和停放。陆上飞机的起落装置，一般由减震支柱和机轮组成，此外还有专供水上飞机起降的带有浮筒装置的起落架和雪地起飞用的滑橇式起落架。它用于起飞与着陆滑跑、地面滑行和停放时支撑飞机。

5. 动力装置

动力装置主要用来产生拉力或推力，使飞机前进。其次还可以为飞机上的用电设备提供电力，为空调设备等用气设备提供气源。

现代飞机的动力装置主要包括涡轮发动机和活塞发动机两种，应用较广泛的动力装置有 4 种：航空活塞式发动机加螺旋桨推进器、涡轮喷射发动机、涡轮螺旋桨发动机、涡轮风扇发动机。随着航空技术的发展，火箭发动机、冲压发动机、原子能航空发动机等也有可能会逐渐被采用。动力装置除发动机外，还包括一系列保证发动机正常工作的系统，如燃油供应系统等。

飞机除了上述 5 个主要部分之外，还装有各种仪表、通信设备、领航设备、安全设备和其他设备等。

2.5.3 民用飞机的技术性能

民用运输机的主要特点是经济、舒适，要求最大限度地提高燃油效率，降低飞行成本。因此，客舱的设计要求能为旅客提供优越、舒适的旅途环境与条件。不同用途的飞机，对飞行性能的要求有所不同。对现代民用飞机而言，主要考虑速度、爬升、续航和起降等性能指标。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

1. 速度性能

飞机优于其他运输工具的主要特征之一是飞行速度快。标志飞机速度性能的指标是飞机的最大平飞速度，即当飞机作水平直线飞行时，飞机的阻力与发动机的最大可用推力相等时，飞机能达到的最大飞行速度。由于飞机的阻力和发动机的推力都与高度有关，所以飞机的最大平飞速度在不同的高度上是不相同的。通常在 11km 左右的高度上，飞机能获得最大的最大平飞速度。但是，飞机不能长时间地以最大平飞速度飞行。原因是这样会损坏发动机，而且当飞机的飞行速度增大时，飞机的阻力就增大，克服阻力需要的发动机推力也相应增大，消耗的燃油增加。所以，对于民用运输机这类需要进行长途飞行的飞机而言，更注重的是巡航速度，即发动机每千米消耗燃油最少情况下的飞行速度。也就是说，飞机以巡航速度飞行时最为经济，航程最远或航时最长。

2. 爬升性能

飞机的爬升受到高度的限制，因为高度越高，发动机的推力就越小。当飞机达到某一高度，发动机的推力只能克服平飞阻力时，飞机不能再继续爬升了，这一高度称为飞机的理论升限。而通常使用的是实用升限，即飞机还能以 0.5m/s 的垂直速度爬升时的飞行高度，也称之为飞机的静升限。民用飞机是以最大爬升速率和升限来表征其主要爬升性能的。

3. 续航性能

民用飞机主要以航程和续航时间(航时)来表征其续航性能。所谓航程是指飞机起飞后，爬升到平飞高度平飞，再由平飞高度下降落地，且中途不加燃油和滑油，所获得的水平距离的总和。飞机的航程不仅取决于飞机的载油量和飞机单位飞行距离耗油量，而且也与业务载重量有关。飞机在最大载油量和飞机单位飞行距离耗油量最小的情况下，飞行所获得的航程，就是飞机的最大航程。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4. 起降性能

飞机的起降性能包括飞机起飞离地速度和起飞滑跑距离、飞机着陆速度和着陆滑跑距离。

2.5.4 飞机的分类

飞机通常有以下几种分类方式。

(1) 按照飞机的用途不同划分：运输机有民用航空飞机和国家航空飞机之分。国家航空飞机是指军队、警察和海关等使用的飞机；民用航空飞机泛指一切非军事用途的飞机，包括旅客机、货机、公务机、农业机、体育运输机、救护机、实验研究机等。

(2) 按照发动机及其产生的推力类型不同划分：运输机有螺旋桨飞机和喷气式飞机之分。螺旋桨式运输机是指用空气螺旋桨将发动机的功率转化为推进力的飞机；喷气式飞机是一种使用喷气发动机作为推进力来源的飞机。

(3) 按照发动机的数量不同划分：运输机有单发(动机)飞机、双发(动机)飞机、三发(动机)飞机、四发(动机)飞机之分。

(4) 按照飞行速度不同划分：运输机有亚音速飞机和超音速飞机之分，亚音速飞机又分为低速飞机和高亚音速飞机。多数喷气式飞机为高亚音速飞机。

(5) 按照飞机的航程不同划分：运输机可分为远程飞机、中程飞机、近程飞机和短程飞机。

(6) 按照机翼是否固定划分：运输机可分为定翼机和旋翼机(如直升机)。

2.5.5 运输机的主要系列

目前世界上主要的运输机型有波音系列(B-)、麦道系列(MD-)、安系列(An-)、图系列(Tu-)、伊尔系列(IL-)、空中客车系列(A-)，以及我国的运系列(Y-)、新舟 60、运输直升机系列等。

1. 波音系列(B-)

波音系列是美国波音公司研制生产的运输机，从波音 707 到波音 777 系列。波音 707 主要型号有 707-120、707-220、707-320 和 707-420 等。波音 777 是美国波音公司研制的双发宽体客机。图 2.66 所示为波音 777。

2. 麦道系列(MD-)

麦道系列飞机是美国麦克唐纳 • 道格拉斯公司研制的运输机，包括 MD-11 中远宽机身运输机、MD-12 大型远程四发宽机身客机、MD-80 中短程客机、MD-90 双发中短程客机、MD-95 双发喷气商用运输机等。图 2.67 所示为 MD-90。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



图 2.66　波音 777



图 2.67　MD-90

3. 安系列(An-)

安系列运输机是由乌克兰安东诺夫航空科研技术联合体研制的飞机，包括 An-12 军用运输机、An-74 短距起落运输机、An-24 双发涡轮螺旋桨支线客机、An-26 双发涡轮螺旋桨支线运输机、An-32 双发短程运输机、An-124 四发远程重型运输机、An-225 六发涡轮风扇型重型运输机。图 2.68 所示为 An-225。

4. 图系列(Tu-)

图系列飞机是俄罗斯波列夫设计局研制的系列运输机，包括 Tu-114 超音速客机、Tu-134 支线运输机、Tu-144 超音速客机、Tu-154 三发中程客机和 Tu-21M 双发中程客机。图 2.69 所示为 Tu-154。

5. 伊尔系列(IL-)

伊尔系列飞机是由俄罗斯伊留申设计局研制的运输机，包括 IL-114 双发涡轮螺桨短程

客/货支线运输机、IL-18 四发螺桨短程客机、IL-62 远程客机、IL-76 四发中远程重型运输机、IL-86 四发宽机身客机、IL-96 四发远程宽体客机等。图 2.70 所示为 IL-96。



图 2.68　An-225



图 2.69　Tu-154

6. 空中客车系列(A-)

空中客车系列是由国际合作欧洲空中客车工业公司研制的系列运输飞机，包括 A300 双发宽机身客机、A310 中宽机身客机、A318 双发中/短程窄机身客机、A319 双发中/短程客机、A319/A321 双发中/短程客机、A330/A340 双过道宽机身客机、A350 四发洲际航程宽体客/货两用运输机，以及最新研制生产的 A380 货机。图 2.71 所示为 A380。

北京大学出版社版权所有
禁止转载



图 2.70　IL-96



图 2.71　A380

7. 运系列(Y-)

运系列飞机是我国研制的运输机，包括 Y-5、Y-7、Y-8、Y-10、Y-11、Y-12 等。其中，Y-8 是陕西飞机制造公司研制的四发涡轮螺桨中程多用途运输机，又有 Y-8A(直升机载机)、Y-8B(民用型、Y-8C(全气密性)、Y-8D(出口型)、Y-8E(无人机载机)、Y-8H(民航机)、Y-8F(货运型)、Y-8X(海上巡逻机)等 17 个型号。图 2.72 所示为 Y-8X。

8. 新舟 60

新舟 60 是中国西安飞机工业公司在 Y-7200 基础上研制生产的新一代双发涡轮螺桨短/中程客货运输机。此运输机采用了世界先进水平的航空技术和成果，座位数为 50～60 座，最大商业载量为 5.5t。图 2.73 所示为新舟 60。

9. 运输直升机系列

运输直升机的机型也较多，主要有以下 4 种。


图 2.72 Y-8X


图 2.73 新舟 60

(1) “黑鹰”S-70 突击运输直升机，是美国西科斯基飞机公司研制的双发单旋翼战斗突击运输直升机，如图 2.74(a)所示。

(2) CH-53 运输直升机，是美国西科斯基飞机公司研制的双发重型突击运输直升机，如图 2.74(b)所示。

(3) CH-47“支奴干”运输直升机，是美国波音公司为美国陆军研制的全天候中型运输直升机，如图 2.74(c)所示。

(4) 米-26“光轮”运输直升机，是俄罗斯米里莫斯科直升机厂研制的多用途重型直升机，是当今世界上起飞重量最大的直升机，如图 2.74(d)所示。

北京大学出版社版权所有 禁止转载


(a) “黑鹰”S-70 运输直升机


(b) CH-53 运输直升机


(c) CH-47“支奴干”运输直升机


(d) 米-26“光轮”运输直升机

图 2.74 运输直升机

10. 其他机型

除以上机型外，另外一些应用较多的机型主要有以下几种。

(1) C-133“运输霸王”，是美国空军的 4 发涡轮螺桨远程运输机，如图 2.75(a)所示。

(2) C-130“大力士”，是美国洛克希德·马丁公司研制的 4 发涡桨式多用途战术运输机，如图 2.75(b)所示。

(3) C-5“银河”运输机，是美国洛克希德·马丁公司研制的亚音速远程军用运输机，

如图 2.75(c)所示。

(4) A300-608ST 特种运输机，由法国宇航公司和戴姆勒·奔驰宇航和空中客车公司联合投资成立的特种飞机运输公司(SATIC)研制和生产的大型货运运输机，如图 2.75(d)所示。



(a) C-133“运输霸王”



(b) C-130“大力士”



(c) C-5“银河”运输机



(d) A300-608ST 特种运输机

图 2.75 大型运输机

北京大学出版社版权所有 禁止转载


案例 2-3

物流园区建设方兴未艾

1. 机场建设带动了物流园区建设

航空物流园区的建立有助于航空货运的发展、货运枢纽港的形成、供应链系统的完善和地区经济的发展。“十二五”期间，我国航空物流园的建设依附于机场建设得到了飞速发展。对于机场来说，航空物流园区的建立是机场航空货运业务升级、航空物流发展的重要手段。“十二五”期间北京首都机场、上海浦东机场、深圳机场、南京机场等机场的建设和扩容为物流园区的建设创造了条件。

北京空港物流园区与上海、广州、南京、深圳，以及天津等地规划的空港物流园区不同，它不是“机场行为”，而是利用首都机场的资源，依托机场而不是依附机场。北京空港物流园区周边紧邻天竺出口加工区、空港工业区、林河工业区、北京现代汽车以亚太航空枢纽港为建设目标。浦东机场规划 3 个货运区，设计货运能力达 75 万吨，货运中心相对集中于机场西部，实现与市域交通的连接，与机场客运分流，并能与周边地区联动发展。浦东空港物流园区拥有连接世界、聚焦亚太、辐射全国的交通运输能力，对上海建设国际、国内和长三角区域多级物流中心具有重要意义。

深圳机场物流园是深圳市规划建设的六大物流园区之一，位于机场区域内，紧邻机坪，规划占地面积 116 万平方米，由国际货运村、国内货运村、物流大厦等基础设施组成。在这里，航空运输和物流业的从业者将享受办公及通关事务的一站式服务，享受物流和商务信息的快速交换，享受一流的物业管理服务及交通、停车之便利，并感受深圳机场航空港日益繁荣的经济氛围。深圳机场现代物流有限公司是深圳机场航空物流园的经营管理机构，负责打造开放的物流基础设施平台、专业的物流信息化平台、高效的物流运营环境平台和创新的物流业务发展平台，通过专业化运营，持续提升物流发展

综合竞争力和物流资源及服务业务整体价值，构建一流的航空物流发展平台和良好的物流生态体系。

天津航空物流园区依托于天津机场建设，更好地承接首都高端快递物流功能溢出，着力推动建设的。2014 年 7 月，圆通、中外运、京东等 12 家快递企业已经入驻天津航空物流园区，入驻企业将在园区内建设分拨中心、仓储中心、呼叫中心和信息中心等。

2. 抓机遇多管齐下

航空货运是现代物流中的重要组成部分，其安全、快捷、方便和优质的服务正好符合现代物流服务的基本要求；而传统意义上的机场货运功能已不再适应现代物流的要求。拥有高效率并能提供综合性物流服务的机场在降低商品生产和经营成本、提高产品质量、保护生态环境、加速商品周转等方面将发挥重要作用。

航空物流园区以航空飞行器及机场地面配套物流设施为核心，为多家航空公司、航空货运代理、综合物流企业提供公共物流设施、物流信息服务及综合物流服务。航空物流园区主要包括 3 大功能平台：物流核心功能平台、物流增值功能平台和航空物流服务支持平台。物流核心功能平台是航空物流园区的核心功能部分，包括货站、仓库、地勤、航空快递中心；物流增值功能平台用于为园区的参与者提供增值服务，如对货物进行简单的加工、分拣等；信息平台为物流园区的参与者提供多方的信息支持服务，是航空物流园区的重要组成部分。

航空货运作为现代物流中的重要环节，正得到政府的高度重视，获得新的发展机遇。为提高机场竞争力，许多国家按照现代物流重要节点的要求对机场进行设计、建设，将兴建物流园区作为发展航空货运的主要战略之一。

在我国周边地区已基本形成亚太地区航空枢纽港，日本成田、韩国仁川、中国香港、新加坡和泰国曼谷 5 大国际客货混合中枢机场，吸引了大量的中国客源和航空货源在这些机场中转。许多机场正在扩建，并不断完善货运基础设施，兴建航空物流园区，以便形成在国际和地区性航空货运中占据战略要点的货运枢纽机场。如韩国仁川航空物流园区的建立，吸引了大量中国的国际中转货物，增加了其航空货运吞吐量，为进一步巩固其东北亚航空货运枢纽的地位发挥了重要作用。仁川机场将继续投资 40 亿美元进行二期建设。作为一种战略资源，在全球范围内争夺货运枢纽机场的竞争将更加激烈。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

1. 建设航空物流园区对促进区域经济发展有什么意义？
2. 建设航空物流园区应考虑哪些因素？

北京大学出版社版权所有 禁止转载


【知识拓展】

2.6 管道运输装备

管道运输是利用管道装备通过一定压力差驱动货物(多为液体、气体、粉粒、颗粒状货物)沿着管道流向目的地的一种现代运输方式。管道运输承担着很大比例的能源物资运输，包括原油、成品油、天然气等。管道既是管道运输的运输装备，又使运输通道、运输装备和通道合为一体。

2.6.1 管道运输概述

1. 管道运输的特点

与其他运输装备相比，管道运输装备具有以下特点。

(1) 基本没有活动部分，维修方便，费用低。

(2) 可以连续不断地运行，运量大。根据其管径的大小不同，一条油料运输管线每年的运输量可达数百万吨到几千万吨，甚至亿吨以上。

(3) 管道埋于地下，占地少，仅为公路的 3%、铁路的 10%左右。

(4) 管道运输装备将石油、天然气等与空气、水、土壤进行了隔绝，因此减少了发生事故的机会，比较安全，同时也减少了污染。

(5) 管道运输耗能少、成本低、效益好。以运输石油为例，管道运输、水路运输、铁路运输的运输成本之比为 1∶1∶1.7。

(6) 管道运输主要适用于液体和气体输送，不如其他运输装备(如汽车、飞机等)那样能够灵活运输多种物资，同时也不容易随便扩展管线。

(7) 虽然管道运输也可以运输粉粒状固体物资，但只能在近距离进行，成本比较高。

(8) 管道运输一般适用于连续运输的物资，对于少量或不连续需求的物资，一般采用容器包装输送。

2. 我国管道运输的发展概况

1958 年建设的克拉玛依至独子山炼油厂的输油管道是我国第一条长距离输油管道。我国建设的第一条长距离天然气管道是 1961 年的巴县石油沟至重庆化工厂的供气管道，到 2015 年油气管道全程达 15 万千米。“十三五”在能源输送方面，将形成“四横三纵”输送格局，内外衔接，海陆并举。关于天然气运输，“十三五”将重点加快西气东输三四线建设和五线的开工，同时计划建设一条新粤浙煤制气运输管道。能源储备方面，将启动三期国家战略石油储备工程，建立企业义务储备，鼓励发展商业储备。加强能源输送通道建设，加快布局新储气库建设、完善加气站及配套管网、扩大油气储备规模，加快石油储备基地和天然气储气库建设，提高天然气应急调峰能力将成为本个五年计划的重要发力点。预计到 2020 年，成品油输送能力达 2.5 亿吨，天然气输送能力达 4 800 亿立方米，天然气主干道里程达 12 万千米。随着经济的快速发展，以及对空气质量提出的更高要求，石油天然气将是目前以及未来很长一段时间内全球重要清洁能源。强化国际油气管道的建设、海上油气管道建设、成品油管道建设、城市内部的天然气管道的铺设，以及各种与油气管道建设或发展相关的技术的研究与推广，是我国迫切需要解决的重要问题。新时期油气管道的建设仍是保证我国国民经济稳定发展的设施工程，因而未来我国油气管道建设任重道远且前景辽阔。

3. 管道运输装备的输送能力参数

表征管道运输装备输送能力的参数有输送压力、管道直径、输送距离等。

2.6.2 管道运输装备的分类

管道运输装备指运输管道及其辅助设备。运输管道按运输的物品不同分为输油管道、天然气管道和固体货物运输管道。

1. 输油管道运输装备

长距离输油管道由输油站和管线两大部分组成。输送轻质油或低凝点原油的管道不需

北京大学出版社版权所有 禁止转载

加热，油品经一定距离后，管内油温等于管线埋深处的地温，这种管道称为等温输油管，它不需要考虑管内油流与周围介质的热交换。对易凝、高黏油品，不能采用这种方法输送，因为当油品黏度极高或其凝固点远高于管路周围环境温度时，每千米管道的压降将高达几个甚至几十个大气压，这种情况下，加热输送是最有效的办法。因此，热油输送管道不仅要考虑摩阻的损失，还要考虑散热损失，输送工艺更为复杂。

输油管道的起点称为首站，输油管道沿途设有中间泵站，输油管道末站接受输油管道送来的全部油品，供给用户或以其他方式转运，故末站有较多的油罐和准确的计量装置。输油站包括首站、末站、中间泵站等。输油管道的线路(管线)部分包括：管道、沿线阀室、穿越江河、山谷等的设施和管道阴极防腐保护设施等。为了保证长距离输油管道的正常运营，还设有供电和通信设施。长距离输油管道的组成如图 2.76 所示。

输油管道系统主要包括以下装备。

(1) 输油管。输油管分原油管和成品油管两种，提供油料输送介质的功能。

(2) 油罐。它设置在首站输油站、末站输油站中，用于对发、收的油品进行存储。在首站输油站中，油罐接受油田、海运、炼油厂等地的油品进行临时存储，等待用泵抽取，输往中下游输油站。在末站输油站中，油罐接受管道来油，等待用其他运输方式转运。

(3) 泵机组。输油泵和带动它的原动机，以及相应的连接装置或变速装置组成泵机组，供给输油所需的压力能，是泵站的核心装备。

(4) 阀门组。各种阀门的主要功能是对输送路径、压力、流量、平稳性等进行调节和控制。

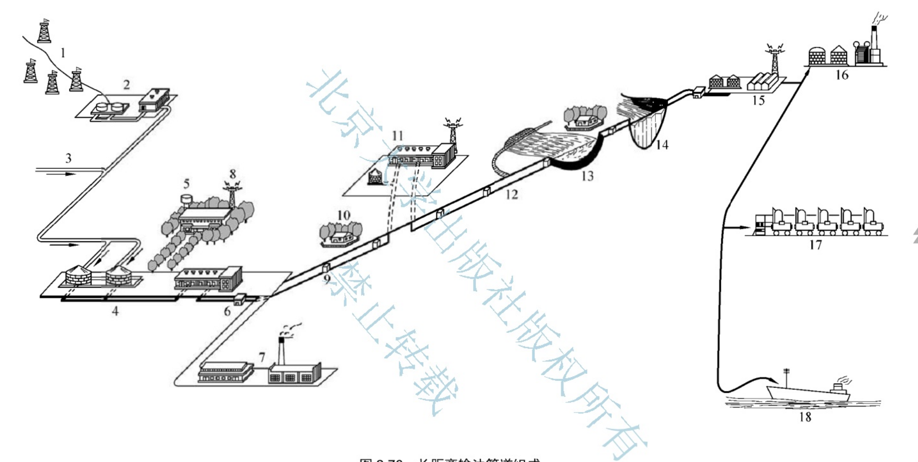
(5) 清管器收发装置。清管是指在输油前清除遗留在管内的机械杂质等堆积物，以及在输油过程中清除管内壁上的石蜡、油脂等凝聚物，以及盐类的沉积物等。以保证管道能长期在高输量下安全运转。清管器有刷形、皮碗刮刀形、球形等。

(6) 计量装备。计量装备主要由流量计、过滤器、温度及压力测量仪表、标定装置、通向污油系统的排污管 5 部分组成。其中以流量计和标定装置最为关键。流量计是监视输油管运行的中枢，如根据流量计调整全线的最佳运行状态，校正输油压力和流速，及时发现泄漏；标定装置有单向回球型标定管装置、U 形管三球式标定装置等几种。

(7) 加热装置。在输送含蜡多、黏度大、倾点高的原油时需要通过加油装置进行加热输送。加热装置有加热炉、换热器等。利用加热炉直接加热，设备简单，费用较省，应用较普遍，但热效率只有 70%，且原油在炉管内直接加热存在结焦的可能，一旦断流，易造成事故。换热器加热，利用不怕高温、不结焦的中间热载体进行，加热效率可达 80%～85%，对含水、含盐较多的原油特别适合，虽然投资增加了，但从根本上消除了炉管结垢带来的不安全因素。

(8) 辅助装备。为了保证泵机组的正常运行，输油站内还要有一系列辅助装备。柴油机往复泵机组的辅助设备包括柴油供应装备、润滑油供应装备、冷却水装备、压缩空气供应装备、废热利用装备等。电动机离心泵机组的辅助装备包括电动机和离心泵的轴润滑装备、冷却水装备等。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



北京大学出版社版权所有
禁止转载

图 2.76 长距离输油管道组成

1—井场；2—转油站；3—油田输油管；4—首站罐区和泵房；5—全线调度中心；6—清管器发送室；7—首站锅炉房、机修等辅助设施；8—微波通信等；9—线路阀室；10—管道维修人员住所；11—中间输油站；12—穿越铁路；13—穿越河流的弯管；14—跨越工程；15—末站；16—油轮站；17—油栈桥；18—油轮装油码头

2. 天然气管道运输装备

天然气管道输送的流程是天然气从气田的各井口装置采出后，经由矿场集气网汇集到集气站，再由各集气站输往天然气处理厂进行净化后，送入长距离输气管道，再送往城市和工矿企业的配气站，在配气站经过除尘、调压、计量和添味后，由配气管网送给用户。长距离输气管道由首站输气站、中间输气站和终点储气库组成，输气站起着为天然气加压、气体净化、混合、计量、压力调节和清管器发送等作用。天然气管道运输装备主要有以下几种。

(1) 输气管。输气管分为矿场输气管、干线输气管和城市输气管 3 类。矿场输气管用于将天然气井场采集的气体送往天然气处理厂；干线输气管是长距离供气用的动力系统，大型输气管的管径为 720mm、820mm、1 020mm 和 1 420mm 几种规格，长度有 1 000km、2 000km 和 2 000km 以上。干线输气管的全部管段与输气站互有联系，个别管段或个别站的工况的变化将影响全部输气管或整个输气管系统。城市输气管是构成城市配气网的输气管，分为输气干线和配气管线。

(2) 压缩机组。压缩机及与之配套的原动机统称为压缩机组。压缩机组是干线输气管道的主要工艺设备，同时也是压气站的核心部分，其功能是提高进入压气站的气体的压力，从而使管道沿线各管段的流量满足相应的任务输量的要求。

(3) 燃气计量仪表。燃气的数量可以用它的标准体积、质量或能量值(热值)来度量，据此可将燃气计量方法分为体积流量计量、质量流量计量和能量流量计量 3 种。

(4) 储气装备。储气装备包括储气罐和地下储气管束。储气罐通常为建在地面上的钢罐，根据储气压力的高低，储气罐分为低压罐和高压罐，而低压罐又分为湿式与干式两种。

(5) 辅助装备。辅助装备通常包括压缩机组的能源装备、汽缸冷却装备、密封油装备、润滑油装备、润滑油冷却装备，以及整个压气站的仪表监控装备、通信装备、给排水装备、通风装备、消防装备、放空装备等。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

3. 固体料浆管道运输装备

用管道输送各种固体物质的基本措施是将待输送的固体物质破碎为粉粒状，再与适量的液体配置成可泵送的浆液，通过长输管道输送这些浆液到目的地后，再将固体与液体分离送给用户。目前浆液管道主要用于输送煤、铁矿石、磷矿石、铜矿石、铝矾土和石灰石等矿物，配制浆液的主要是水，还有少数采用燃料油或甲醇等液体作为载体。

料浆管道的基本组成部分与输气、输油管道大致相同，但还有一些制浆、脱水干燥设备。以煤浆管道为例，整个系统包括煤水供应系统、制浆厂、干线管道、中间加压泵站、终点脱水与干燥装置。它们也可分为 3 个不同的组成部分：浆液制备厂、输送管道、浆液后处理系统。固体料浆管道运输装备主要有以下装备。

(1) 浆液制备系统。以煤为例，煤浆制备过程包括洗煤、选煤、破碎、场内运输、浆化、储存等环节。为了清除煤中所含的硫及其他矿物杂质，一般要采用淘选、浮选法对煤进行精选，也可采用化学法或细菌生物法。煤浆管道首站一般与制浆厂合在一起，首站的增压泵从外输罐中抽出浆液，经加压后送入干线。

(2) 中间泵站。中间泵站的任务是为煤浆补充压力能。停运时则提供清水冲洗管道。输送煤浆的泵也可分容积式与离心式两种，其特性差异与输油泵大致相同。泵的选用要结

合管径、壁厚、输量、泵站数等因素综合考虑。

为了减少浆液对活塞泵缸体、活塞杆、密封圈的磨蚀，国外研制了一种油隔离泵，可避免浆液进入活塞缸内，活塞只对隔离油加压并通过它将压力传给浆液。

(3) 后处理系统。煤浆的后处理系统包括脱水、储存等部分。管输煤浆可脱水储存，也可直接储存。脱水的关键是控制煤表面的水含量，一般应保证为7%～11%。

影响脱水的因素主要有浆液温度与细颗粒含量。浆液先进入受浆罐或储存池，然后再用泵输送到振动筛中区分为粗、细浆液。粗浆液进入离心脱水机，脱水后的煤粒可直接输送给用户，排出的废液输入浓缩池与细粒浆液一起，经浓缩后再经压滤机压滤脱水，最后输送给用户。

案例 2-4

中俄签署30年天然气购销合同

北京大学出版社版权所有 禁止转载

中俄2015年5月21日在上海签署两国政府《中俄东线天然气合作项目备忘录》、中国石油天然气集团公司和俄罗斯天然气工业股份公司《中俄东线供气购销合同》两份能源领域重要合作文件，中国国家主席习近平和俄罗斯总统普京共同见证了签字仪式。

根据合同，从2018年起，俄罗斯开始通过中俄天然气管道东线向中国供气，输气量逐年增长，最终达到每年380亿立方米，累计合同期30年。

合同约定，主供气源地为俄罗斯东西伯利亚的伊尔库茨克州科维克金气田和萨哈共和国恰扬金气田，俄罗斯天然气工业股份公司负责气田开发、天然气处理厂和俄罗斯境内管道的建设。中石油负责中国境内输气管道和储气库等配套设施建设。

中俄东线天然气合作，是在中俄两国领导人亲自关心和推动下，在两国政府直接指导和参与下，在双方企业长期共同努力下实现的，是中俄加强全面能源合作伙伴关系、深化全面战略协作伙伴关系的又一重要成果，充分体现了互信互利原则。双方将共同努力，落实相关工作，确保项目圆满实施。

中石油有关负责人表示，中俄天然气合作将加快俄罗斯远东地区经济社会发展和远东地区油气资源开发，实现出口多元化。俄罗斯进口天然气目标市场主要是中国东北、京津冀和长三角地区，满足中国国内能源消费增长、改善大气环境、优化能源利用结构、促进能源进口多元化等需求，并带动沿线地区相关产业发展。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

1. 了解中俄天然气项目。
2. 分析中俄天然气项目的建设对我国国民经济的影响。

本 章 小 结

运输在整个物流系统中起着举足轻重的作用，本章针对常见的5种运输装备进行了分析和介绍。分析了公路运输装备中的汽车的主要类型、特点，介绍了汽车型号的表示方法，并就挂车结构和厢式车进行了重点阐述，包括它们的组成、基本车型、应用领域等；对铁路运输装备进行了介绍，分析了其主要优势和缺点，就铁路机车、铁路车辆的主要用途、种类、特点等进行了介绍；对水路运输装备进行了简要介绍，阐述了其主要性能和特点，

在此基础上对各种类型的常用货船进行了重点分析；概述了航空运输装备的分类与特点，并对一些运输直升机等进行了说明；阐述了管道运输的发展状况和运行特点，对油料管道运输装备和天然气管道运输装备的组成及其作用进行了细致的分析。



公路运输装备(Road Transportation Equipment)
汽车(Automobile)
挂车(Trailer)
汽车列车(Tractor Trailer)
铁路运输装备(Railway Transportation Equipment)
水路运输装备(Waterway Transportation Equipment)
航空运输装备(Aviation Transportation Equipment)
管道运输装备(Tube Transportation Equipment)

习　　题

1. 填空题

(1) 公路运输的特点简而言之是________、________、________、________。
(2) 铁路列车由________、________组成。
(3) 铁路机车按照其所用能源不同可以分为________、________、________3 种。
(4) 飞机的基本组成有________、________、________、________。
(5) 输气管道系统主要由________、________、________和________等设备组成。

2. 简答题

(1) 物流系统中主要有哪几种运输装备？它们具有什么特点？
(2) 货车是如何分类的？全挂汽车列车及厢式汽车的特点及其优点是什么？
(3) 什么是半挂车？半挂车有哪些类型？它们的主要用途是什么？
(4) 铁路货车有哪几种？
(5) 货运船舶主要有哪几种？驳船与载驳船的区别是什么？
(6) 运输机有哪些类型？
(7) 管道运输的主要优点是什么？
(8) 油品管道运输装备主要由哪些装置组成？它们的作用是什么？
(9) 运输装备的发展趋势如何？

北京大学出版社版权所有
禁止转载

第 3 章　装卸搬运装备

【教学目标】

- 了解装卸搬运装备的基本概念、特点和类型
- 了解起重机械及输送机的分类、组成和作用
- 掌握起重装备、输送机，以及叉车的主要技术参数及特征
- 掌握叉车的特点、分类和作用

北京大学出版社版权所有
禁止转载



玉米的国际化销售流程

某贸易公司做出口玉米业务。在粮食收获季节，公司便派人去玉米产地收购玉米。每天工作人员将收购进来的玉米装进麻袋，用人力装上汽车后运往火车站，到火车站后由人力从汽车上卸下装上火车运往转运站。到转运站后，将玉米倒出麻袋，用皮带输送机运进粮仓储存。在和国外买方签订贸易合同后，在约定的时间之前把粮食再装进麻袋，用火车运进港口的后方仓库堆放。运粮船靠泊的前一天，将粮袋由后方仓库移至码头前沿。装船时，用吊车将麻袋吊至舱口，装卸工割口，将玉米倒进船舱。

思考题：该物流过程用到了哪些物流装备，如果想提高效率、减少员工的劳动强度，还应该采用哪些物流装备?

物资的装卸搬运是物流的主要功能之一。装卸搬运活动渗透到物流各领域、各环节，成为物流顺利进行的关键。物资装卸搬运伴随着物流的始终，联系着物流的其他功能，成为提高物流效率、降低物流成本、改善物流条件和保证物流质量的最重要的环节之一。

3.1 概　　述

装卸搬运装备指在场所内部用来搬移、升降、装卸和短距离输送货物的装备。它不仅用于完成车辆与船舶货物的装卸，而且还可完成库场货物的堆码、拆垛、运输，以及车内、舱内、库内货物的起重输送和搬运。

在物流过程中，装卸搬运活动出现的频率高于其他各项物流活动，装卸活动花费时间很长，所使用的人力也很多。因此，装卸费用在物流成本中所占的比重也较高，是降低物流费用的重要环节。

3.1.1 装卸搬运的概念

装卸搬运指在同一区域范围内，以改变物资的存放状态和空间位置为主要内容和目的的活动。习惯上“装卸”是指以垂直位移为主的实物运动形式，“装卸”作用的结果是物资从一种支撑状态转变为另一种支撑状态。前后两种支撑状态无论是否存在垂直距离差别，总是以一定的空间垂直位移的变化实现的。习惯上的“搬运”是指物资在区域范围内(通常指在某一个物流结尾，如仓库、车站或码头等)所发生的短距离，以水平方向为主的位移。在流通领域，人们常把装卸搬运活动称为“物资装卸”，而生产领域则把这种活动称为“物料搬运”。

装卸搬运是随物品运输和保管而附带发生的作业。装卸是物流系统的一个重要构成要素。运输能产生空间上的效用，保管能产生时间上的效用，而装卸本身并不产生新的效用或价值。虽然装卸本身不能创造出新的效用，但是在供应物流、企业内物流、销售物流等整个供应链物流过程中，装卸作业所占的比重较大。装卸作业质量的好坏和效率的高低不仅影响物流成本，还与物品在装卸过程中的损坏、污染等造成的损失成本及保护物品的包

北京大学出版社版权所有 禁止转载

装成本相关，并与是否能及时满足顾客的服务要求相关。因而，装卸作业的合理化是实现物流活动效率化、顾客服务高度化的重要手段之一。

装卸搬运是人与物的结合，而完全的人工装卸搬运在物流发展到今天几乎已经不复存在。现代装卸搬运表现为由劳动者、装卸搬运装备设施、货物，以及信息、管理等多项因素组成的作业系统。只有按照装卸作业本身的要求，在进行装卸作业的场合，合理配备各种机械装备、合理安排劳动力，才能使装卸搬运各个环节互相协调、紧密配合。

物流各环节的前后和同一环节不同活动之间，都需要进行装卸搬运作业。美国产业界人士明确指出，当前美国全部生产过程中只有5%的时间用于加工制造，95%的时间则用于装卸搬运、储存等物流过程。根据运输部门考察，在运输的全过程中(包括运输前后的装卸搬运)，装卸搬运所占的时间为全部运输时间的50%。正是装卸搬运活动把物流运动的各个阶段连接起来，成为连续的流动过程。在生产企业物流中，装卸搬运成为各生产工序之间连接的纽带，它是以原材料、设备等装卸搬运为始，以产品装卸搬运为终的连续作业过程。从宏观物流考察，物资离开生产企业到进入再生产消费和生活消费，装卸搬运像影子一样伴随流通活动的始终。

3.1.2 装卸搬运装备的工作特点

为了顺利完成装卸搬运任务，装卸搬运装备必须适应装卸搬运作业的要求。装卸搬运作业要求装卸搬运装备结构简单牢固、作业稳定、造价低廉、易于维修保养、操作灵活方便、生产率高、安全可靠、能最大限度地发挥其工作能力。装卸搬运装备的性能和作业效率对整个物流的作业效率影响很大，其工作特点主要有以下几方面。

(1) 适应性强。由于装卸搬运作业受货物品类、作业时间、作业环境等影响较大，装卸搬运活动各具特点。因而，要求装卸搬运装备具有较强的适应性，能在各种环境下正常工作。

(2) 工作能力强。装卸搬运装备起重能力大、起重量范围大、生产作业效率高、具有很强的装卸搬运作业能力。

(3) 机动性较差。大部分装卸搬运装备都在设施内完成装卸搬运任务，只有个别装备可在设施外作业。

(4) 安全性要求高。安全性是指装卸搬运装备在预定使用条件下执行其预定功能时不产生损伤或危害健康的能力。装卸搬运机械在带来高效、快捷、方便的同时，也带来了不安全因素，如起重机常会发生事故。机械装备事故给操作者带来痛苦，使货物损坏，严重影响企业的经济效益。物流机械装备的安全水平，关系到操作者的安全和健康，关系到装卸搬运质量。因此，安全性已成为选用装卸搬运装备时应重点考虑的因素，机械装备安全性越来越受到企业管理者的重视。

(5) 工作忙闲不均。有些装卸搬运装备工作繁忙，而有些装卸搬运装备长期闲置。无论哪一种情况，都要求加强检查和维护，保证装卸搬运装备始终处于良好的技术状态。

3.1.3 装卸搬运装备的作用

装卸搬运装备是机械化生产的主要组成部分，是实现装卸搬运作业机械化的物质技术基础，是实现装卸搬运合理化、效率化、省力化的重要手段。在装卸搬运作业中，要不断

北京大学出版社版权所有 禁止转载

反复进行装、搬、卸操作，这些都靠装卸搬运设备有效的衔接才能完成。因此，合理配置和应用装卸搬运装备，安全、迅速、优质地完成货物装卸、搬运、码垛等作业任务，对于实现装卸搬运作业的自动化，加快现代化物流发展，促进经济发展，均有着十分重要的作用。装卸搬运装备的作用主要体现在以下几个方面。

(1) 提高装卸搬运效率。节约劳动力，减轻装卸工人的劳动强度，改善劳动条件。

(2) 缩短作业时间。加速车辆周转，加快货物的送达和发出。

(3) 提高装卸质量。保证货物的完整和运输安全，特别是长大、笨重货物的装卸。

(4) 降低装卸搬运作业成本。装卸搬运装备的应用，势必会提高装卸搬运作业效率，而效率提高使每吨货物摊到的作业费用相应减少，从而使作业成本降低。

(5) 充分利用货位，加速货位周转，减少货物堆码的场地面积。采用机械作业，装卸搬运速度快，可以及时腾空货位，因此可以减少场地面积。

随着物流现代化的不断发展，装卸搬运装备将会得到更广泛的应用。因此，科学地使用好、管理好装卸搬运装备，充分发挥装卸搬运装备的潜能，实现装卸搬运机械作业，是实现良好装卸搬运效率的重要手段。

3.1.4 装卸搬运装备的分类

装卸搬运装备所装卸搬运的货物来源广、种类繁多、外形和特点也各不相同，如箱装货物、袋装货物、桶装货物、散货、易燃易爆及剧毒品等。为了适应各类货物的装卸搬运和满足装卸搬运过程中各个环节的不同要求，各种装卸搬运装备应运而生。装卸搬运装备的机型和种类已达数千种，而且各国仍在不断研制新机种、新机型。装卸搬运装备通常有以下几种分类方法。

1. 按照主要用途或结构特征不同分类

按主要用途或结构特征不同分类，装卸搬运装备可分为起重装备、连续运输装备、装卸搬运车辆、专用装卸搬运装备。其中，专用装卸搬运装备指带专用取物装置的装卸搬运装备，如托盘专用装卸搬运装备、集装箱专用装卸搬运装备、船舶专用装卸搬运装备、分拣专用装备等。

2. 按照作业方向不同分类

按作业方向不同，装卸搬运装备可分为以下 3 类。

(1) 水平方向作业的装卸搬运装备。这种装卸搬运装备的主要特点是沿地面平行方向实现物资的空间转移，如各种机动、手动搬运车辆，各种皮带式、平板式输送机等。

(2) 垂直方向作业的装卸搬运装备。这种装卸搬运装备所完成的是物资沿着与地面垂直方向的上下运动，如各种升降机、堆垛机等。

(3) 混合方向作业的装卸搬运装备。这种装备综合了水平方向和垂直方向两类装卸搬运装备的特长，在完成一定范围的垂直作业的同时，还要完成水平方向的移动，如门式起重机、桥式起重机、叉车、轮胎起重机等。

3. 按照装卸搬运货物的种类不同分类

(1) 长大、笨重货物的装卸搬运机械。长大、笨重货物通常指大型机电设备、各种钢

北京大学出版社版权所有 禁止转载

材、大型钢梁、原木、混凝土构件等，这类货物的装卸搬运作业通常采用轨行式起重机和自行式起重机两种。轨行式起重机有龙门起重机、桥式起重机、轨道起重机；自行式起重机有汽车起重机、轮轨起重机和履带起重机等。

(2) 散装货物的装卸搬运机械。散装货物通常是指成堆搬运不计件的货物，如煤、焦炭、沙子、白灰、矿石等。散装货物一般采用抓斗起重机、装卸机和输送车等进行机械装车，机械卸车主要用链斗式卸车机、螺旋式卸车机和抓斗起重机等。散装货物搬运主要用输送机。

(3) 成件包装货物的装卸搬运机械。成件包装货物一般是怕湿、怕晒，需要在仓库内存放并且多用棚车装运的货物，如日用百货、五金器材等。该类货物一般采用叉车，并配以托盘进行装卸搬运作业，还可以使用牵引车和挂车、带式输送机等解决成件包装货物的搬运问题。

(4) 集装箱货物装卸搬运机械。1t 集装箱一般选用 1t 内燃叉车或电瓶叉车作业。5t 及以上集装箱采用龙门起重机或旋转起重机进行装卸作业，还可以采用叉车、集装箱跨车、集装箱牵引车、集装箱搬运车等。近年来，随着集装箱运输的发展，出现了专门化的搬运作业设备。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3.1.5 装卸搬运装备的选型

不同类型的货物，不同的装卸搬运场所，所需要的装卸搬运装备不尽相同。合理选择装卸搬运装备，无论在降低装卸搬运费用上，还是在提高装卸搬运效率上，都有着重要的意义。

1. 选型的基本原则及考虑因素

1) 选型原则

装卸搬运装备的选择应本着经济合理、提高效率、降低费用的总原则。具体来说，应遵循以下几项基本原则。

(1) 根据不同类物品的装卸搬运特征和要求，合理选择具有相应技术特性的装卸搬运装备。各种货物的单件规格、物理化学性能、包装情况、装卸搬运的难易程度等，都是影响装卸搬运装备选择的因素。因此，应从作业安全和效率出发，选择合适的装卸搬运装备。

(2) 应根据物流过程输送和储存作业的特点，合理选择装卸搬运装备。货物输送过程中，不同的运输方式具有不同的作业特点。因此，在选择装卸搬运装备时，应根据不同运输方式的作业特点选择与之相适应的装卸搬运装备。同样，货物在储运中也有其相应的作业特点，诸如储存物品规格不同、作业类别较多、进出数量难以控制、装卸搬运次数较多和方向多变等。因此，为了适应储存作业的特点，在选用机械作业时尽可能选择活动范围大、通用性强、机动灵活的装卸搬运装备。

(3) 根据运输和储存的具体条件和作业的需要，在正确估计和评价装卸搬运的使用效益的基础上，合理选择装卸搬运装备。这就是说，在选择机械装备时一定要坚持技术经济的可行性分析，使装备的选择建立在科学的基础上，以充分利用机械装备和提高作业效率。

2) 选择依据

(1) 装卸搬运装备的选择应以满足现场作业为前提。物流作业现场的具体情况不同，

可根据作业需要选择合适的装卸搬运装备类型。例如，在有铁路专用线的车站、仓库等，可选择门式起重机；在库房内可选择桥式起重机；在使用托盘和集装箱作业的生产条件下，可尽量选择叉车以及跨载起重机。

(2) 装卸搬运装备的选择，应以现场作业量、物资特性为依据。一般来说，吞吐量较大的车站、码头、货场，应选择较大吨位的装卸搬运装备，这样可在作业次数相对较少的情况下完成较大的作业量。对于长大、笨重的物资，可选择较大吨位的起重装备；对单体重量较轻的物资，可选择相应较小吨位的机械。应对现场要求进行周密的计划、分析之后，才能确定装卸机械的具体吨位。

(3) 在能完成同样作业效能的前提下，应选择性能好、节省能源、便于维修、有利于环境保护、利于配套、成本较低的装卸搬运设备。

3) 考虑的因素

在装卸搬运设备的选择时要考虑影响物流现场装卸作业量的因素。考虑企业物流的具体情况，由于生产发展水平的制约及作业现场物流量的需要，应力求做到装备的作业能力与现场作业量之间形成最佳的配合状态。这就是说，装备的作业能力达不到或超过这一状态点都可能造成不良后果。当装备作业能力达不到现场作业要求时，物流受阻；超过现场作业的要求时，生产能力过剩，装备能力得不到充分发挥，超过得越多，经济损失也就越大。影响物流现场装卸作业量的因素很多，通常有以下几个方面。

(1) 吞吐量。无论是车站、码头还是仓库等各种物流作业现场，吞吐量都是装卸作业量核定的最基本的因素。

(2) 堆码、搬倒作业量。在装卸作业现场中，物资并非都是经过一次装卸作业就能完成入港、离港、入库、出库、入站、出站等作业的。往往由于货场的调整、保管的需要，发运的变化等因素，必须对物资进行必要的搬倒、堆码作业。堆码、搬倒的次数越多，装卸作业量也就越大。这部分装卸作业量当然越少、越接近于零越好。

(3) 装卸作业的高峰期。由于直接受到物资流动不均衡的影响，装卸作业装备在使用上可能发生忙闲程度的不同。为了能适应装卸搬运作业现场可能出现的高峰期，装备作业能力应对此有必要的、充分的准备。

2. 选择的指标体系

在选择和配置装卸搬运设备过程中，都希望选择技术可靠、经济合理、操作方便的装备。然而，在实践当中常会存在一些矛盾，例如技术上先进的装备价格会很高。因此，在实际选用和配置过程中，必须根据企业的实际情况和侧重点进行合理的选择和配置。这里介绍根据指标体系进行配置、选择的基本方法。

装卸搬运装备配置、选择的指标体系主要由 5 个部分组成，即技术指标、经济指标、适应性指标、组织性指标和人机关系指标。可根据使用中对各性能的要求不同进行科学合理的选择。

1) 技术指标

技术指标是反映装卸搬运设备主要性能的指标，也是反映设备在技术性能、自动化程度、结构优化、环境保护、操作条件、现代新技术的应用等方面是否具有先进性的指标。每一种装卸搬运装备都有自己的技术指标。因此，在选择装备时，应以装卸搬运作业适用

北京大学出版社版权所有 禁止转载

为前提，根据不同要求和具体情况，选择不同的技术指标。例如，在堆垛巷道较窄的仓库中，选择叉车时主要考虑的技术指标是叉车的宽度，这样叉车的宽度指标在选择中就占有较大的权重。

2) 经济指标

经济指标是指装卸搬运装备在购置和使用过程中所涉及的成本效益问题。

任何装卸搬运装备的使用都受经济条件的制约，低成本是衡量装备技术可行性的重要标志和依据之一。在多数情况下，装卸搬运装备的技术先进性与低成本可能会发生矛盾。在满足使用的前提下，应对技术先进与经济上的耗费进行全面考虑和权衡，做出合理的判断，这就需要进一步做好成本分析。

装卸搬运装备的选择与装卸搬运装备作业所发生的费用有极大关系，这些费用主要包括装备投资费、装备运作费，以及装卸作业成本等。

(1) 设备投资费用。装卸搬运设备投资费用，是平均每年机械装备投资的总和与相应的每台机械在 1 年内完成装卸作业量之比。

$$C_{设}=C_{投}/(365G)$$

式中：$C_{设}$——装卸装备投资费用，元/年；

$C_{投}$——平均每年装卸装备的总投资，元/年；

G——装卸设备平均每日装卸作业量。

其中，平均每年装卸搬运装备的总投资包括装卸装备的购置费用、装备安装费用，以及与装备直接有关的附属装备费用。即

$$C_{投}=(C_{机}+C_{装})K_{折}+C_{附}K_{折}$$

式中：$C_{机}$——装卸装备的购置费，元/年；

$C_{装}$——装备安装费用，元/年；

$K_{折}$——各项设备的基本折旧率；

$C_{附}$——附属设备费用，此项包括购置车库、充电设备，以及安装电网、起重运行轨道等费用，元/年。

(2) 装备运作费用。运作费用是指在某一种装卸搬运装备作业现场，1 年内运营总支出和装备完成装卸量之比。

$$C_{运}=C/C_{年}$$

式中：$C_{运}$——装卸每吨货物支出的运营费用，元/年；

$C_{年}$——装卸装备年作业量，吨；

C——1 年内运营投资总费用，此项包括装备维修、燃料和电力、劳动工资、照明等费用，元/年。

(3) 装卸搬运的作业成本。装卸搬运成本是指装卸搬运装备在某一作业场所每装卸 1t 货物所支出的费用，即每年平均装备投资支出和运营费用支出的总和，与每年装卸搬运装备在作业现场完成的装卸总吨数之比。

$$C_{本}=(C_{支}+C_{运})/G_{年}$$

式中：$C_{本}$——装卸 1t 支出的费用，元/年吨；

$C_{支}$——每年装备投资支出的费用，元/年；

$G_{年}$——每年装备完成的总吨数，吨。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3) 组织性指标

组织性指标是指装卸搬运装备作业和供货的及时性与可靠性。为了保证装卸装备正常工作，在配置、选择设备时，必须考虑设备及配件备件的供应及时性和可靠性、维修网点、供应商服务内容等情况，以便最大限度地发挥装备效能。

4) 适用性指标

适用性是装卸搬运装备满足使用要求的能力，它包括适应性和实用性。在配置与选择装备时，应充分注意装卸搬运作业的实际需要，应符合货物的特性，适应货运量的需要，适应不同的工作条件和多种作业性能的要求，操作使用灵活方便。因此，首先应明确装卸搬运装备的必要功能是什么，根据具体的作业任务来确定需要什么样的装备，做到装备作业配套，充分发挥装备效能。

5) 人机关系指标

人机关系问题目前已经发展成为一个重要的科学分支——人机工程学，人机关系指标也越来越受到人们的重视。人机关系指标主要反映搬运车辆操作的舒适性。为此，在配置和选择搬运车辆时，要看设备外观是否符合现代美学观念，视野是否宽阔，是否给人以美的感受，是否容易操作，是否无噪声或只有较小的噪声，从而选择具有较好舒适性的装卸搬运装备。


【知识拓展】

3.2 起 重 装 备

北京大学出版社版权所有
禁止转载

起重装备是一种以间歇作业方式对物料进行起升、下降和水平运动的机械装备的总称。它可以减轻或代替人们的笨重体力劳动、提高劳动生产率、保证作业质量、降低生产成本、改善劳动条件，并且能够使某些生产过程的特殊工艺操作实现机械化和自动化。起重设备在国民经济的各个部门都已得到了广泛的应用，如现代化的港口、铁路枢纽和仓库等处。

3.2.1 起重装备概述

1. 起重装备的特点

起重装备是一种重复循环工作的间歇动作的货物装卸搬运机械。起重装备的种类不同，其构造和工作原理也不相同，但是各类起重装备的工作特性基本相同。起重装备在搬运物料时，通常经历着上料、运送、卸料，以及回到原处的过程，各工作机构在工作时做往复周期性的运动。它的工作程序是：吊挂抓取货物，提升后进行一个或数个动作的运移，将货物放到卸载地点，然后返程做下一次动作准备，称为一个工作循环。完成一个工作循环后，再进行下一次的工作循环。每一个工作循环中都包括载货和空返行程。因此，起重设备是一种间歇动作的机械，它具有间歇重复的特点。在工作中，它的各工作机构经常处于反复超动、制动的状态，而稳定运动的时间相对于其他机械而言则较为短暂。以吊钩起重机为例，它的工作程序通常是：空钩下降至装货点，货物挂钩，把货物提升和运送到卸货点，卸货，空钩返回原来位置准备第二次吊货。起重机的工作循环过程如图 3.1 所示。

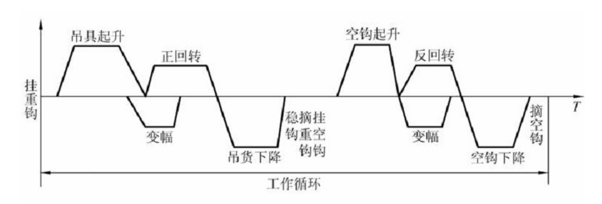


图 3.1　起重机的工作循环过程示意图

起重机以装卸为主要功能，搬运的功能较差，搬运距离很短。大部分起重机械机体移动困难，因而通用性不强，往往是港口、车站、仓库、物流中心等的固定设备。同样，起重机的作业方式是从货物上部起吊，因而作业需要的空间高度较大。

2. 起重装备的分类

起重装备的分类方法目前尚无统一的标准。起重装备的类型多种多样，通常的分类是按照其功能和结构特点不同分类，如图 3.2 所示。除此以外，起重机还有多种分类方法。按照取物装置和用途不同分类，有吊钩起重机、抓斗起重机、电磁起重机、堆垛起重机、集装箱起重机和救援起重机等；按照运移方式不同分类，有固定式起重机、运行式起重机、爬升式起重机、随车起重机等；按照驱动方式不同分类，有支撑起重机、悬挂起重机等；按照使用场合不同分类，有车间起重机、仓库起重机、建筑起重机、港口起重机、船上起重机等。

3. 起重装备的组成及其作用

各种类型起重机通常由工作机构、金属结构、动力装置与控制系统 4 部分组成。这 4 个组成部分及其功用分述如下。

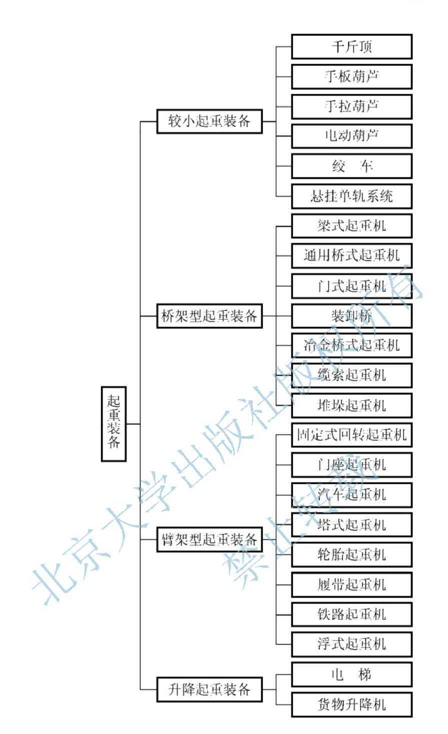
1) 工作机构

工作机构是为实现起重机不同的运动要求而设置的。要把一个重物从某一位置搬运到其他任意位置，则此重物不外乎要做垂直运动和沿两个水平方向的运动。起重机要实现重物的这些运动要求，必须设置相应的工作机构。不同类型的起重机，其工作稍有差异。例如桥式起重机如图 3.3(a)所示，龙门起重机如图 3.3(b)所示。要使重物实现 3 个方向的运动，则设置有起升机构(实现重物垂直运动)、小车运行和大车运行机构(实现重物沿两个水平方向的运动)。而对于汽车起重机[图 3.3(c)]、履带式起重机[图 3.3(d)]和塔式起重机[图 3.3(e)]而言，一般设置起升机构、变幅机构、回转机构和运行机构。依靠起升机构实现重物的垂直上下运动，依靠变幅机构和回转机构实现重物在两个水平方向的移动，依靠运行机构实现重物在起重机所能及的范围内任意空间运动和使起重机转移工作场所。因此，起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构是起重机的四大基本工作机构。

(1) 起升机构。起升机构是起重机最主要的机构，也是其最基本的机构。它由原动机、卷筒、钢丝绳、滑轮组和吊钩等组成。

大型起重机往往备有两套起升机构：吊大重量的称为主起升机构或主钩；吊小重量的称为副起升机构或副钩。副钩的起重量一般为主钩的 1/5～1/3 或更小。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



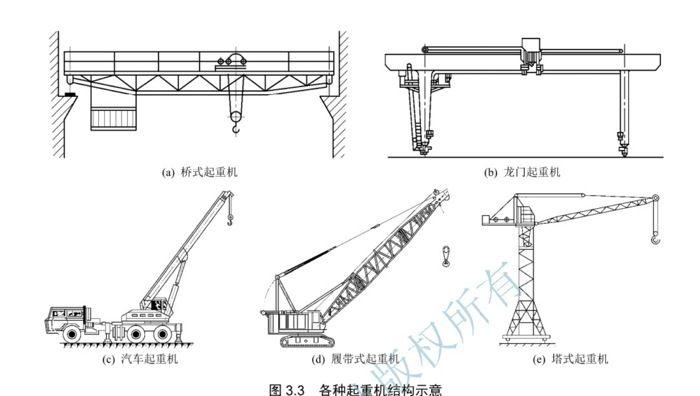
北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 3.2　起重装备的分类

为了使重物停止在空中某一位置或控制重物的下降速度，在起升机构中必须设置制动器或停止器等控制装置。

(2) 变幅机构。起重机变幅是指改变取物装置中心铅垂线与起重机回转中心轴线之间的距离，这个距离称为幅度。起重机通过变幅，能扩大其作业范围，即由垂直上下的直线作业范围扩大为一个面的作业范围。不同类型的起重机，变幅形式也不同。

(3) 回转机构。起重机的一部分相对于另一部分做旋转运动称为回转。为了实现起重机的回转运动而设置的机构称为回转机构。起重机的回转运动，使其从线、面作业范围又扩大为一定空间的作业范围。回转范围分为全回转(回转 360°以上)和部分回转(可回转 270°左右)。



(a) 桥式起重机　(b) 龙门起重机　(c) 汽车起重机　(d) 履带式起重机　(e) 塔式起重机

图 3.3　各种起重机结构示意

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(4) 运行机构。轮式起重机的运行机构是通用或专用汽车底盘，或专门设计的轮胎底盘。履带式起重机的运行机构就是履带底盘。桥式起重机、龙门起重机、塔式起重机和门座起重机的运行机构，是专门设计的在轨道上运行的行走台车。

2) 金属结构

桥式类型起重机的桥架、支腿，臂架类型起重机的吊臂，回转平台，人字架，底架(车架大梁、门架、支腿横梁等)和塔身等金属结构是起重机的重要组成部分。起重机的各工作机构的零部件都是安装或支撑在金属结构上的。起重机的金属结构是起重机的骨架，它承受起重机的自重及作业时的各种外载荷。组成起重机金属结构的构件较多，其重量通常占整机重量的一半以上，耗钢量大。因此，合理的起重机金属结构设计，对减轻起重机自重、提高起重性能、节约钢材、提高起重机的可靠性都有重要意义。

3) 动力装置

动力装置是起重机的动力源，是起重机的重要组成部分。它在很大程度上决定了起重机的性能和构造特点，不同类型的起重机，配备不同的动力装置。轮式起重机和履带式起重机的动力装置多为内燃机，一般可由一台内燃机对上、下车各工作机构供应动力。对于大型汽车起重机，有的上、下车各设一台内燃机，分别供应起重作业(起升、变幅、回转)的动力和运行机构的动力。塔式起重机、门座起重机、桥式起重机和龙门起重机的动力装置是外接动力电源的电动机。

4) 控制系统

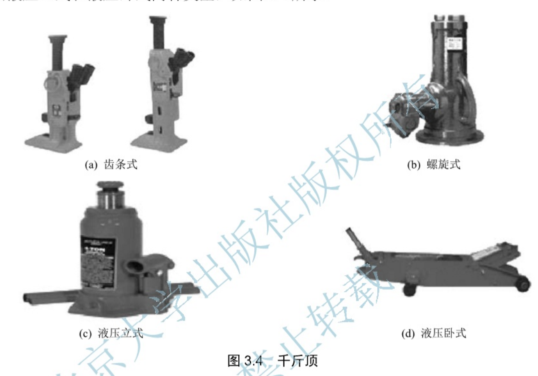
起重机的控制系统包括操纵装置和安全装置。动力装置是解决起重机做功所需要的能源，而控制系统则是解决各机构怎样运动的问题。例如，动力传递的方向、各机构运动速度的快慢，以及使机构制动和停止等。相应于这些运动要求，其中的控制系统设有离合器、制动器、停止器、液压传动中的各种操纵阀，以及各种类型的调速装置和起重机上专用的安全装置等部件。这些控制装置能够改善起重机的运动特性，实现各机构的启动、调速、转向、制动和停止。从而达到起重机作业所要求的各种动作，保证起重机安全作业。

3.2.2 较小起重装备

较小型起重装备一般只有一个升降结构，其特点是结构紧凑、自重轻、操作方便。

1. 千斤顶

千斤顶是利用高压油或机械传动使刚性承重件在小行程内顶举或提升重物的起重工具。千斤顶按其构造和工作原理不同，可分为齿条式、螺旋式和液压式 3 种，其中液压式又包括液压立式和液压卧式两种类型，如图 3.4 所示。



(a) 齿条式　　(b) 螺旋式

(c) 液压立式　　(d) 液压卧式

图 3.4　千斤顶

北京大学出版社版权所有　禁止转载

(1) 齿条式千斤顶。齿条式千斤顶结构简单、使用方便、自重轻、支撑高度可调，适用于工厂、仓库、码头、矿上和建筑工程等场所做支撑重物和辅助起升重物之用，如图 3.5 所示。



图 3.5　齿条式千斤顶

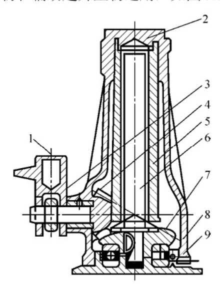
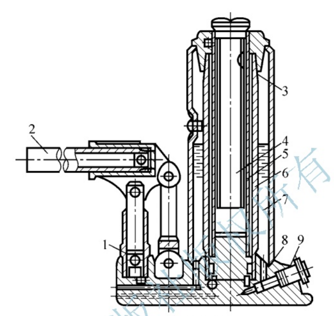


图 3.6　普通螺旋千斤顶

1—手柄；2—钢螺母；3—棘轮组；4—小锥齿轮；5—升降套筒；6—锯齿形螺杆；7—大锥齿轮；8—机架；9—底座

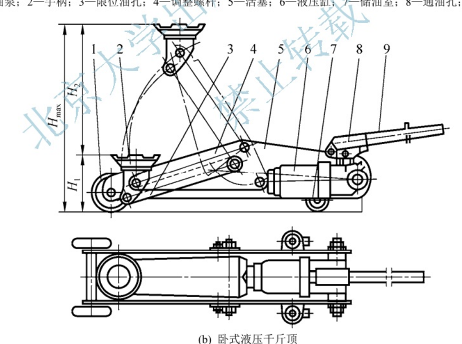
(2) 螺旋千斤顶。普通螺旋千斤顶用自锁螺纹，螺旋角$\alpha = 4° \sim 4.5°$，效率较低(30%～40%)，如图 3.6 所示。

(3) 液压千斤顶。液压千斤顶有立式液压千斤顶和卧式液压千斤顶。结构示意如图 3.7 所示。



(a) 普通立式液压千斤顶

1—油泵；2—手柄；3—限位油孔；4—调整螺杆；5—活塞；6—液压缸；7—储油室；8—通油孔；9—回油阀



(b) 卧式液压千斤顶

1—前轮；2—托盘；3—连杆；4—起重臂；5—墙板；6—液压缸总成；7—后轮；8—揿手；9—手柄

图 3.7　液压千斤顶

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. 手扳葫芦、手拉葫芦和电动葫芦

手扳葫芦是由人力通过手柄扳动钢丝绳或链条，来带动取物位置运动的起重葫芦，如图 3.8(a)所示；手拉葫芦是以焊接环链作为挠性承载件的起重工具，如图 3.8(b)所示；电动葫芦有钢丝绳式、环链式和板链式 3 种，如图 3.9 所示。


(a) 手扳葫芦


(b) 手拉葫芦

图 3.8　手扳葫芦和手拉葫芦


(a) 钢丝绳式


(b) 环链式

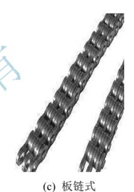

(c) 板链式

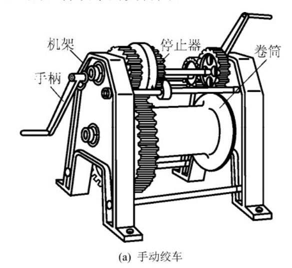
图 3.9　电动葫芦

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3. 绞车

绞车也称卷扬机，是由动力驱动的卷筒通过挠性件(钢丝绳、链条)起升、运移重物的起重装备。绞车是起重运输作业的主要基础装备，广泛用于装备安装、矿山、建筑工地、车站码头等地进行物料提升和牵引作业。

绞车按照动力分为手动、电动、液压 3 类。手动绞车如图 3.10(a)所示，一般用在起重量小、设施条件较差或无电源的地方。电动绞车如图 3.10(b)所示，广泛用于工作繁重和所需牵引力较大的场所。一般额定载荷低于 10t 的绞车可以设计成电动绞车。液压绞车主要是额定载荷较大的绞车，一般情况下，载荷 10t 以上到 5 000t 的绞车适合设计成液压绞车。图 3.11 是 3 种绞车的实物图。



(a) 手动绞车


(b) 电动绞车

图 3.10　绞车示意图



(a) 手动



(b) 电动



(c) 液压

图 3.11 绞车实物图

3.2.3 桥架型起重装备

桥架型起重装备是指具有能运行的桥架结构和设置在桥架上的能运行的起升机构组成的起重机械。常见的桥架型起重装备有梁式起重机、通用桥式起重机、门式起重机、装卸桥和缆索起重机等。

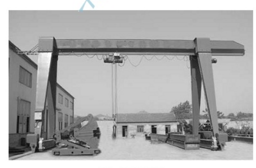
1. 梁式起重机

起重小车(主要是起重葫芦)在单根工字梁或其他简单组成断面梁上运行的简易桥架型起重机，统称为梁式起重机。根据结构不同，可分为单梁桥式起重机和双梁桥式起重机两种类型，如图 3.12 所示。

(1) 单梁桥式起重机。单梁桥式起重机桥架的主梁多采用工字钢或型钢与钢板的组合截面，起重小车常为手拉葫芦、电动葫芦或用葫芦作为起升机构部件装配而成。按桥架支撑形式不同，分为支撑式和悬挂式两种；单梁桥式起重机还可分为手动和电动两种。

(2) 双梁桥式起重机。双梁桥式起重机由直轨、起重机主梁、电动环链葫芦、小车和电器控制系统组成，特别适合于大悬挂跨度和大起重量的平面范围物料输送。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



(a) 单梁结构



(b) 双梁结构

图 3.12 梁式起重机

2. 通用桥式起重机

通用桥式起重机通常称为“天车”或“行车”，是在一般环境中工作的普通用途的桥式起重机(见国标 GB/T 14405—1993)。

1) 通用起重机的类型

通用桥式起重机主要有通用吊钩桥式起重机、抓斗桥式起重机、电磁桥式起重机、两用桥式起重机、三用桥式起重机、双小车桥式起重机这 6 种。

(1) 通用吊钩桥式起重机。通用吊钩桥式起重机由金属结构、大车运行机构、小车运行机构、起升机构、电器及控制系统及机室组成。取物装置为吊钩。额定起重量为 10t 以下的多为 1 个起升机构；16t 以上的则多为主、副两个起升机构。这类起重机能在多种作业环境中装卸和搬运物料及设备。图 3.13 所示的是通用吊钩桥式起重机示意图。

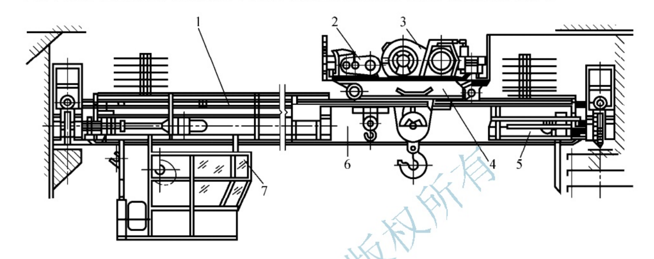


图 3.13 通用吊钩桥式起重机

1—小车导电装置；2—副起升机构；3—主起升机构；4—小车总成；5—大车运行机构；6—桥架；7—司机室

(2) 抓斗桥式起重机。抓斗桥式起重机的取物装置为抓斗，以钢丝绳分别联系抓斗、起升机构、开闭机构。这种起重机主要用于散货、废旧钢铁、木材等的装卸、吊运作业。它除了起升闭合机构以外，其结构部件等与通用吊钩桥式起重机相同。图 3.14 所示的是抓斗桥式起重机示意图。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

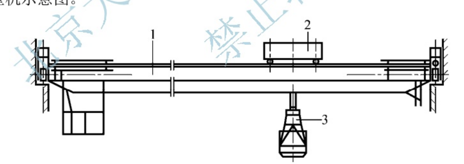


图 3.14 抓斗桥式起重机示意图

1—主梁；2—运行小车；3—抓斗

(3) 电磁桥式起重机。电磁桥式起重机的基本构造与吊钩桥式起重机相同，不同之处是吊钩上挂有一个直流起重电磁铁(又称为电磁吸盘)，用来吊运具有导磁性的黑色金属及其制品。通常是经过设在桥架走台上电动发电机组或装在司机室内的可控硅直流箱将交流电源变为直流电源，然后再通过设在小车架上的专用电缆卷筒，将直流电源用挠性电缆送到起重电磁铁上。

(4) 两用桥式起重机。两用桥式起重机有 3 种类型：抓斗吊钩桥式起重机、电磁吊钩桥式起重机和抓斗电磁桥式起重机。其特点是在一台小车上设有两套各自独立的起升机构，一套为抓斗用，一套为吊钩用(或一套为电磁吸盘用，一套为吊钩用；或一套为抓斗用，一套为电磁吸盘用)。

(5) 三用桥式起重机。三用桥式起重机(图 3.15)是一种一机多用的起重机。其基本构造与电磁桥式起重机相同。根据需要可以用吊钩吊运重物，也可以在吊钩上挂一个电动抓斗装卸物料，还可以把抓斗卸下来，再挂上电磁盘吊运黑色金属，故称为三用桥式(可换)起重机。

抓斗靠交流电源工作，电磁盘靠直流电源工作。因此，该机型必须同电磁桥式起重机一样，设置电动发电机组或可控硅直流电源箱。这种起重机适用于需经常变换取物装置的场合。

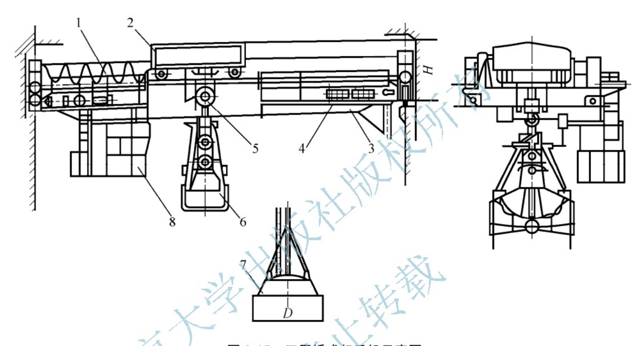


图 3.15　三用桥式起重机示意图

1—导电装置；2—小车；3—桥架；4—大车运行机构；5—吊钩；6—抓斗；7—电磁盘；8—司机室

北京大学出版社版权所有　禁止转载

(6) 双小车桥式起重机。这种起重机与吊钩桥式起重机基本相同，只是在桥架上装有两台起重量相同的小车。这种机型用于吊运与装卸长形物件。图 3.16 为双小车桥式起重机示意图。

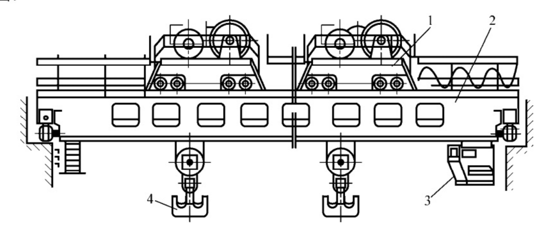


图 3.16　双小车桥式起重机示意图

1—小车总成；2—桥架；3—司机室；4—吊钩



2) 通用桥式起重机的组成

通用桥式起重机由 4 大部分组成：桥架、大车运行机构、起重小车(包括横向传动机构和吊钩的升降机构)、司机室(包括操纵机构和电气设备)。

(1) 桥架。桥式通用起重机的桥架由两根主梁和两根端梁及走台和护栏等零部件组成，其结构形式有箱形桥架和桁架桥架两种。

(2) 大车运行机构。桥式起重机的大车运行机构的作用是驱动大车的车轮转动并使其沿着起重机轨道做水平方向的运动。它包括电动机、制动器、减速器、联轴器、传动轴、角型轴承箱和车轮等零部件。车轮通过角型轴承箱、端梁和主梁，支撑起重机自身的重量及其全部外载荷。

(3) 起重小车。桥式起重机的起重小车，是由小车架、起升机构和小车运行机构组成的。按照小车的主梁结构形式不同，它可以分成单梁起重机小车和双梁起重机小车。

(4) 司机室。司机室是起重机操作者工作的地方，里面设有操纵起重机的控制设备、信号装置和照明设备。上档架的梯门和舱口都设有电气安全开关，并与保护盘互相连锁。只有梯门和舱口都关闭好之后，起重机才能开动，这样可以避免车上有人工作或人还没安全进入司机室时就开车而造成的人身事故。

3. 门式起重机

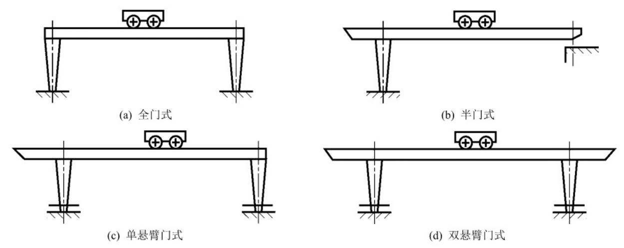
门式起重机是桥式类型起重机的机型之一，它是桥架通过两侧支腿支撑在地面轨道或地基上的桥架型起重机，又称龙门起重机。如果桥架一侧直接支撑在高架或高建筑物的轨道上，另一侧通过支腿支撑在地面轨道或地基上，则为半门式起重机。

门式起重机具有场地利用率高、作业范围大、适应面广、通用性强等特点，广泛使用于港口、货场等物流场所。

1) 门式起重机分类

门式起重机一般根据门架结构形式、主梁形式等来进行分类。

(1) 按照门架结构不同分类，主要有全门式起重机、半门式起重机、单悬臂门式起重机、双悬臂门式起重机 4 种类型，分别如图 3.17(a)～(d)所示。其中，全门式起重机主梁无悬挂，小车在主跨度内运行；半门式起重机的支腿有高有低，可根据使用场地的土建要求而定；单悬臂门式起重机的结构形式往往是因场地的限制而被选用；双悬臂门式起重机是最常见的一种结构形式，其结构的受力和场地面积的有效利用都是较合理的。



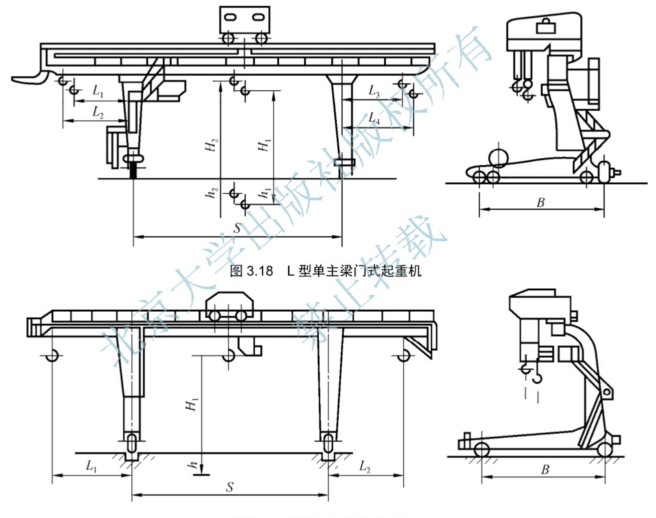
(a) 全门式　(b) 半门式

(c) 单悬臂门式　(d) 双悬臂门式

图 3.17　门式起重机按门架结构划分类型

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(2) 按照主梁结构形式不同分类，有单主梁门式起重机和双主梁门式起重机。单主梁门式起重机结构简单、制造安装方便、自身质量小、主梁多为偏轨箱形架结构。与双主梁门式起重机相比，整体刚度要弱一些。因此，当起重量 $Q \leqslant 50\text{t}$、跨度 $S \leqslant 35\text{m}$ 时，可采用这种形式。单主梁门式起重机门腿有 L 型和 C 型两种形式。L 型的制造安装方便，受力情况好，自身质量较小，但是，吊运货物通过支腿处的空间相对小一些，如图 3.18 所示。C 型的支脚做成倾斜或弯曲形成 C 形，目的在于有较大的横向空间，以便货物顺利通过支脚，如图 3.19 所示。双梁门式起重机承载能力强、跨度大、整体稳定性好、品种多，但自身质量与相同起升重量的单主梁门式起重机相比要大些，造价也高些，如图 3.20 所示。根据主梁结构不同，又可分为箱形梁和桁架两种形式，目前一般多采用箱形梁结构。



北京大学出版社版权所有　禁止转载

图 3.18　L 型单主梁门式起重机

图 3.19　C 型单主梁门式起重机

2) 门式起重机型号的表示方法

门式起重机型号用代号、额定起重量、跨度和工作级别号和标注代号 5 个主要特征要素来表示，如图 3.21 所示。

(1) 代号的含义。用大写英文字母表示，首字母为 M，表示门式；当 M 后面加一个字母(E、Z、C、N\P、S 中的一个)时，为双梁；加两个字母(DE、DZ、DC、DN、DP、DS 中的一组)时，为单梁。如：MG 表示双梁单小车吊钩门式起重机；ME 表示双梁双小车吊钩门式起重机；MDN 表示单主梁单小车抓斗吊钩门式起重机；MDS 表示单主梁单小车三用门式起重机。

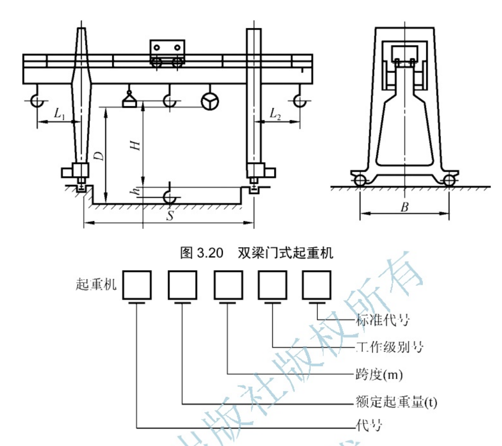


图 3.20　双梁门式起重机

图 3.21　门式起重机型号表示方法

北京大学出版社版权所有
禁止转载

(2) 举例。

起重机 1VIEG20/5-22A4GB/T 14406—1993：表示具有主、副钩的起重量为 20/5t、跨度为 22m、工作级别为 A4 的单梁吊钩门式起重机。

起重机 MES0/10+50/10-35A4GB/T 14406—1993：表示起重量为 50/10t+50/10t、跨度为 35m、工作级别为 A4 的双梁双小车吊钩门式起重机。

3) 门式起重机的选用

(1) 单主梁与双主梁龙门起重机的选用。一般情况下，起重量在 50t 以下，跨度在 35m 以内，无特殊使用要求，宜选用单主梁门式起重机。如果要求门腿宽度大，工作速度高，或经常吊运重物、长大件，则宜选用双梁门式起重机。

(2) 跨度和悬臂长度。门式起重机的跨度是影响起重机自身质量的重要因素，选择满足装备使用条件和符合跨度系列标准的前提下，应尽量减小跨度。悬臂长度的选择要考虑门式起重机跨度和悬臂长度合理的比值关系，力求使主梁自身质量最小。其原则是，符合等刚度和等强度理论，即当小车运行到悬臂极限位置时、主梁支腿处的强度与小车运行到跨中附近处的主梁的强度应尽可能相等或下挠度同时接近许用值。

(3) 轮距。轮距应能满足门架沿起重机轨道方向移动的稳定性要求；能使货物的外形尺寸顺利通过支腿平面刚架；轮距和跨度应保持轮距等于 1/4 或 1/6 跨度的比例关系。

(4) 间距尺寸。在工作时，门式起重机外部尺寸与堆场的货物及运输车辆通道之间应留有一定的空间尺寸，以利于装卸作业。一般运输车辆在跨度内装卸时，应保持与门腿有 0.7m 以上的间距。吊具在不工作时应与运输车辆有 0.5m 以上的间距。货物过门腿时，应有 0.5m 以上的间距。

4. 装卸桥

通常把跨度大于 35m、起重量不大于 40t 的门式起重机称为装卸桥，主要用于在港口、码头、车站等大型散堆货场装卸和搬运散状物料，如谷物、化肥、沙子、煤炭等。

装卸桥的特点是装卸效率高，一般生产率达 500t/h 以上。通常也以生产率来衡量和选择装卸桥。装卸桥的起升和小车运行机构是工作机构，速度较高，起升速度大于 60m/min；小车运行速度在 120m/min 以上，最高达 360m/min。为了减少冲击力，在小车上设置减振器。大车为调整装卸桥工作位置而运行，为非工作性机构，速度较低，一般为 25m/min 左右。

装卸桥的结构方式有桁架式和箱型门架式两种，如图 3.22 和图 3.23 所示。采用桁架结构可减少整机自身质量，而采用箱型结构便于制造。



图 3.22 悬臂桁架式装卸桥　　图 3.23 双悬臂箱型门架式装卸桥

北京大学出版社版权所有 禁止转载

装卸桥取物装置以双绳抓斗或其他专用吊具为主，抓斗装卸桥是目前国内外广泛使用的一种大型散货装卸机械，矿石煤炭、散粮等货物大多数都由抓斗装卸桥进行装卸。抓斗装卸桥广泛使用的原因是其技术成熟并且机动性好。目前在用的抓斗装卸桥各种机型都有成熟的技术和成功的经验，它利用柔性钢索作为抓取或提升货物的传动件，不受船型、车型变化条件的限制，只要抓斗能顺利地打开和抛入物料，即能进行装卸作业。

岸边装卸桥又称桥式抓斗卸船机，是一种桥架起重机，主要作为港口码头船舶装卸之用，其特点是在高大的门架上装设有轨桥架，使载重小车沿桥架运行。进行散货卸货作业时，抓斗自船舱抓取散货，提升出舱后，载重小车(抓斗小车)向码头方向运行，将散货卸入前门框内侧的漏斗内，经胶带输送系统送到货场。

在选用装卸桥时，必须根据具体的使用条件、服务对象、主要性能技术参数要求、安装和维修能力、经济性要求等方面综合考虑，通过技术经济论证或评估后作出合理的决策。

5. 缆索起重机

利用张紧在主副塔架之间的承载索作为载重小车行驶轨道的起重机，如图 3.24 所示。适用于地形复杂，难以通行的施工场地，如低洼地带的土方工程，水坝、河流、山谷等地区的物料输送。在主塔和副塔之间，装设一根承载索，作为载重小车的轨道，牵引机构牵引载重小车在承载索上来回行驶，运送物料。起升机构上下运动升降物料。主副塔架的行走机构，使主副塔架沿地面轨道同步行走。工作机构由主塔架上的司机室进行控制。



图 3.24　缆索起重机

3.2.4　臂架型起重装备

臂架型起重机由行走、起升、变幅、旋转机构组成。主要利用臂架的变幅(俯仰)和绕垂直轴线回转配合升降运行，可在一个圆柱形空间范围内起重和搬运货物。臂架类起重机种类繁多，下面介绍几种常见的臂架式起重机。

1. 门座起重机

1) 门座式起重机的概念与分类

门座式起重机是装在沿地面轨道行走的门形底座上的全回转臂架起重机。根据不同的方法，可以将其分成不同的种类，如港口和货场使用的门座式起重机按照用途不同分为通用式和专用式两种。专用门座式起重机通常只能用于某一种货物的装卸，而通用门座式起重机是用吊钩或抓斗装卸货物，货物种类较杂。如带斗门座式起重机专用于煤炭装卸，通常它的生产率比通用门座式起重机高。又如：按补偿方式不同，门座式起重机可分为象鼻梁式门座起重机、连杆式门座起重机和臂架式门座起重机等。

2) 门座式起重机构造和工作原理

一台门座式起重机主要包括金属结构、4 大机构和电气系统等组成部分。其结构示意图如图 3.25 所示。其中，起重臂系统、平衡系统、转盘、人字架(转柱或立柱)、机房、司机室、门架、运行机构均衡梁等是起重机的金属结构。起升机构、变幅机构、回转机构、运行机构就是它的 4 大机构。在电气系统中，其供电一般是通过电缆卷筒将电输送到中心受电器上，通常港口式起重机多为低压供电上机，但在大起重量的机型上也有使用高压供电上机的，此时机上需设有变电装置和高压控制柜。港口门座式起重机均采用电力驱动，电气控制部分集中在操纵室和电气房内，电阻箱布置在机器房内，安全保护装置设置在适当的位置上。

(1) 起升机构。为了便于使用双绳抓斗装卸散货，门座式起重机一般采用双卷筒的起升机构，即由两台电动机分别带动各自的减速器，经过 3 级减速后输出，并带动各自的钢丝绳卷筒。起升钢丝绳一端固定在卷筒上，另一端通过人字架上的补偿滑轮及象鼻梁两个端部的滑轮，固定于吊钩或抓斗上，如图 3.26 所示。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

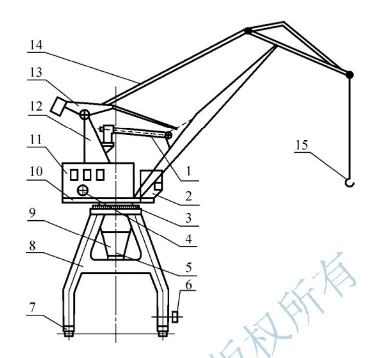


图 3.25 门座起重机结构示意图

1—变幅机构；2—司机室；3—旋转机构；4—起升机构；5—电器系统；6—卷筒；7—行走机构；8—门架；9—转柱；10—转盘；11—机房；12—人字架；13—平衡系统；14—起重臂系统；15—吊钩

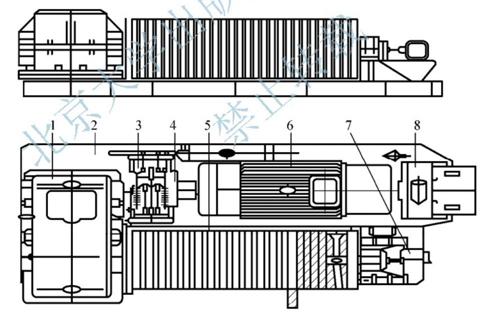


图 3.26 门座起重机起升机构

1—减速器；2—机架；3—制动器；4—联轴器；5—卷筒；6—启动机；7—控制元件；8—涡流制动器

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(2) 变幅机构。根据工作性质不同，变幅机构分为非工作性(调整性)的和工作性的两种。一般情况均为工作性变幅，非工作性变幅只在小型机上使用。为了提高起重机的工作效率和更好地满足作业要求，门座式起重机采用了工作性变幅机构，即带载变幅。这种变幅机构的特点是工作次数频繁、变幅阻力较大和变幅速度较快。如果起重机仅采用简单摆动臂架的方式变幅，则会引起臂架重心、取物装置及吊物在水平移动的同时产生升降运动。当臂架变动一个角度时，所吊物移动了一定的距离，同时吊物也增加了一定的高度 H，如

图 3.27 所示。这使驱动装置在变幅过程中，除了必须克服一定的阻力外，还必须克服由于臂架自重和吊重升降所引起的阻力，不仅驱动功率要增大，而且增加了司机操作定位的困难。为了在变幅过程中保持载荷水平位移，常采用绳索补偿法和组合臂架法使重物在变幅过程中沿着接近于水平的轨道移动。

绳索补偿法的工作原理是：当臂架摆动时，依靠特殊设计的起升绳卷绕系统，适当地放出或收进一定长度的起升绳来补偿货物悬挂点的升降，以达到货物在变幅过程中水平位移的目的，如图 3.28 所示。

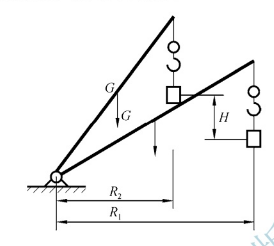


图 3.27　变幅过程中吊物的移动

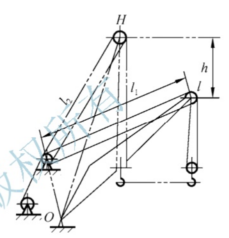


图 3.28　绳索补偿法

这种补偿方法构造简单，臂架端部的合力接近通过臂架下铰点，臂架承受较小的弯矩，可获得较小的工作幅度。但起升绳较长且磨损较快，小幅度时货物颠簸大，适用于中小起重量的港口起重机。

组合臂架补偿法的工作原理是，依靠组合臂架象鼻架端部滑轮在变幅过程中的特殊运动(水平线或近似水平线)来保证货物的水平移动。只要将四连杆机构各构件(包括连接拉杆下铰和臂架下铰的基础构件)的尺寸选择适当，使有效幅度控制在双叶曲线接近水平的区段上，变幅过程中吊钩就能做近似的水平移动，如图 3.29 所示。这种补偿和布置方式比较简单，在港口起重机中应用得非常普遍，拉杆常做成刚性结构，以承受工作过程中可能产生的轴向压力。

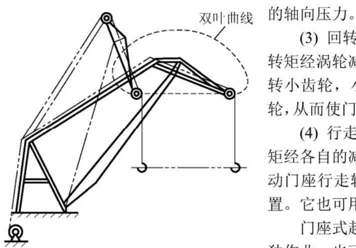


图 3.29　四连杆补偿机构

(3) 回转机构。由一个或两个旋转电动机输出的转矩经涡轮减速器或行星齿轮减速器减速后，带动旋转小齿轮，小齿轮再带动固定于转柱上的旋转大齿轮，从而使门座起重机的上部旋转，以完成作业任务。

(4) 行走机构。由两台或 4 台行走电动机输出转矩经各自的减速器减速后，传递到开式齿轮组，再驱动门座行走轮沿轨道运动，从而使门座改变工作位置。它也可用于装卸货物行走。

门座式起重机的起升、旋转、变幅 3 个机构可单独作业，也可联合作业，以完成所需的作业内容。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

2. 汽车起重机

汽车起重机是安装在标准的或专用的载货汽车底盘上的全旋转悬臂起重机，其车轮采用弹性悬挂，行驶性能接近于汽车。一般车头设有司机室，此外，绝大多数还在转台或转盘上设有起重驾驶室。汽车起重机行驶速度高、越野性能好、作业灵活、能迅速改变作业场地，特别适合于流动性大、不固定的作业场所。汽车起重机一般作业时都放下支腿，不能带负荷行驶，且不能配套双绳抓斗使用，因而其使用受到一定限制。图 3.30、图 3.31 分别为汽车起重机的构造图和外观图。

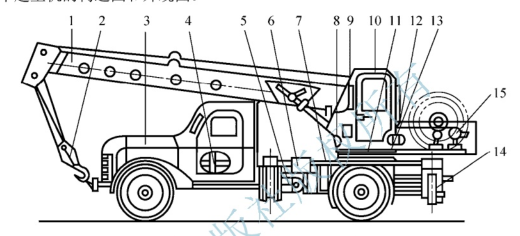


图 3.30　汽车起重机的构造图

1—起重臂；2—吊钩；3—发动机；4—取力装置操纵杆；5—取力装置；6—支腿操纵台；7—底架；8—加速踏板；9—上车操纵杆；10—驾驶室；11—转台；12—回转机构；13—滚柱转盘；14—支腿；15—起升机构

北京大学出版社版权所有　禁止转载

3. 轮胎起重机

轮胎起重机是将起重工作装置和装备装设在专门设计的自行轮胎底盘上的起重机，如图 3.32 所示。轮胎起重机与汽车起重机相比，两者的区别主要体现在以下两方面。



图 3.31　汽车起重机外观图　　图 3.32　轮胎起重机

(1) 底盘不同。汽车起重机使用的是标准的或专用的汽车底盘，轮胎起重机使用专用底盘，其轮距和轴距配合适当，从而稳定性好，能在平坦的地面上吊货行驶，但行走速度低，所以适合在一个货场内作业。

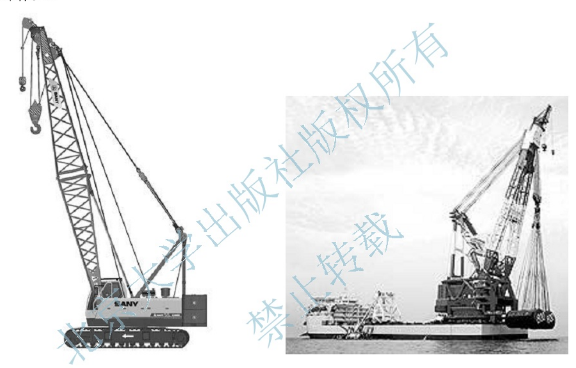
(2) 驾驶室的数目不同。轮胎起重机只有一个驾驶室，位于转台上，起重机的各个机构都从这个驾驶室操纵；而汽车起重机有两个驾驶室，一个在转台上，操纵起升、回转和变幅机构；另一个在起重机前方，操纵起重机的行驶和转向。

4. 履带起重机

这是一种将起重工作装置和设备设在履带式底盘上，靠行走支撑轮在自身封闭的履带上滚动运行的起重机，如图 3.33 所示。与轮胎式起重机相比，履带对地面的平均压力小，可在松软、泥泞的地面上进行作业。此外，它的爬坡能力强，牵引性能好。

5. 浮式起重机

浮式起重机是以专用浮船作为支撑和运行装置，浮在水上作业，可沿水道自航或拖航的水上臂架起重机，如图 3.34 所示。它广泛应用于港口，可单独完成船岸之间或船船之间的装卸作业。



北京大学出版社版权所有
禁止转载

图 3.33 履带起重机　　　　图 3.34 浮式起重机

3.2.5 起重机的主要属具

起重机的属具包括索具和取物装置两大类，常用的索具有钢丝绳、麻绳、化学纤维绳等；常用的取物装置有吊钩、抓斗、电磁吸盘等。

1. 钢丝绳

钢丝绳是起重装备中最常用的挠性件。在起重作业中被广泛用作起重绳、变幅绳、小车牵引绳，在装卸过程中还可用于货物的捆扎。钢丝绳具有承载能力大、过载能力强、挠性好、自重轻和传动平稳无噪声等优点，适用于高速运动。由于绳股中钢丝断裂是逐渐产生的，一般不会发生整根钢丝绳突然断裂的现象，所以工作较可靠。

钢丝绳比链条在起重机上有更为广泛的应用，原因是：①链条的强度、承载能力，以及弹性均不如钢丝绳好；②一旦发生重物过重难以起吊时，链条通常是骤然断折；③链条的成本较高；④链条高速运转时噪声大；⑤链条的自重较重。

2. 麻绳

麻绳具有质地柔韧、轻便、易于捆绑、结扣和解脱方便等优点，但其强度较低，一般麻绳的强度只有相同直径钢丝绳的 10%左右，而且易磨损、腐烂、霉变。因此，麻绳在起重作业中主要用于重量较小的重物的捆绑，吊运 500kg 以下的较轻物体。当吊起重物时，麻绳拉紧物体，以保持被吊物体的稳定和在规定的位置上就位。

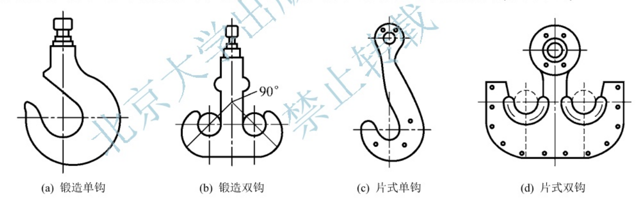
3. 化学纤维绳

化学纤维绳俗称尼龙绳或合成纤维绳，目前多采用锦纶、尼龙、维尼纶、乙纶、丙纶等合成纤维搓制而成。它有质轻、柔软、耐腐蚀、强度及弹性比麻绳好等优点；其缺点是不耐热，使用中忌火、忌高温。

在吊运表面光洁、不允许擦伤的物件和装备时，使用化学纤维绳比使用钢丝绳更有利于防止擦伤吊物表面；而且化学纤维绳能耐酸、耐碱、耐油和耐水，在特殊条件下使用可充分发挥它的优点。

4. 吊钩

吊钩是起重机中应用最广泛的取物装置，它由吊钩、吊钩螺母、推力轴承、吊钩横梁、护板等组成。吊钩分单钩和双钩，如图 3.35 所示。通常 80t 以下用单钩，80t 以上用双钩。成批生产的吊钩宜用模锻，大吨位、单件生产的吊钩采用自由锻或板钩(片式吊钩)。



(a) 锻造单钩 (b) 锻造双钩 (c) 片式单钩 (d) 片式双钩

图 3.35 吊钩的种类

北京大学出版社版权所有 禁止转载

5. 抓斗

抓斗是一种由机械或电动控制的自动取物装置，主要用于装卸散装货物，有时还用于抓取长材。抓斗的种类很多，根据抓取的货物不同可分为散粮抓斗、煤炭抓斗、矿石抓斗和木材抓斗等。

根据所抓取货物的堆积密度不同，抓斗可分为 5 种类型，见表 3-1。

表 3-1 按照所抓货物的堆积密度不同划分抓斗

货物堆积密度/(t/m^3)	<0.8	0.8～1.2	1.2～2.0	2.0～2.8	>2.8
抓斗类型	特轻型	轻型	中型	重型	特重型
主要货种	散粮	焦炭、煤	磷矿、石灰石	小块铁矿	大矿石、废钢

根据操纵抓斗的原理不同，可分为单绳、双绳和电动抓斗 3 种，双绳抓斗使用广泛。

双绳抓斗如图 3.36 所示，由颚板、撑杆、上承梁(抓斗头部)和支撑杆这 4 个基本部分组成。抓斗悬架在支持绳(起升绳)和开闭绳上，两根钢丝绳分别绕入驱动卷筒上。双绳抓斗的动作完全由支持绳和开闭绳的运动速度来操纵，其工作过程可分为以下 4 步。

(1) 降斗：卸载后张开的抓斗依靠自重下降到散货堆上，这时开闭绳和支撑绳以相同的速度下降，但开闭绳较松，以免下降过程中抓斗自动关闭。

(2) 闭斗：抓斗插入物料后，支撑绳保持不动，而开闭绳开始收紧使颚板闭合，将散粒物料抓到斗中。

(3) 升斗：抓好散粒物料后，开闭绳和支撑绳以同样的速度起升，直到所需高度。

(4) 开斗：支撑绳不动，开闭绳放松，这时颚板在自重和下横梁的共同作用下张开，并卸出抓斗中的物料，然后进入下一个工作循环。

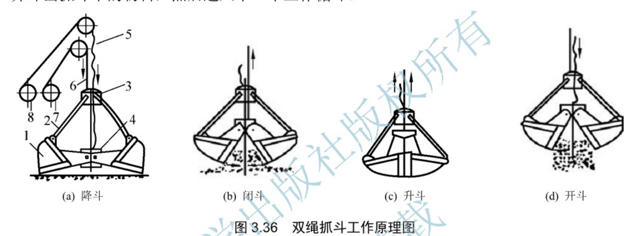


图 3.36　双绳抓斗工作原理图

1—颚板；2—撑杆；3—抓斗头部；4—支撑杆；5—开闭绳；6—支撑绳；7、8—驱动卷筒

北京大学出版社版权所有 禁止转载

6. 电磁吸盘

电磁吸盘是靠电磁力自行吸取导磁物品的取物装置。

通常靠线圈通电激磁吸料，断电去磁卸料。图 3.37 所示的电磁吸盘由铸钢外壳和装在其内的线圈组成。电流通过挠性电缆输入线圈通电后即产生磁力线，磁力线在外壳与磁性物料之间形成闭合回路，于是物料被电磁吸盘吸住。线圈断电后，物料自行脱落。电磁吸盘使用直流电为宜，因为直流电工作可靠，磁力损失及旋涡损失小，电感影响也较小。

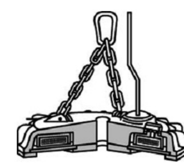


图 3.37　电磁吸盘

利用电磁吸盘来装卸钢锭、生铁、废钢等铁磁性货物，可避免繁重的体力劳动，达到很高的生产效率。影响电磁盘起重量的主要因素有：磁场强度、钢铁件的外形、重量、纯度和温度。钢铁件碎小、外表不平、含杂质和高温等，都会引起导磁不良而降低起重量。

3.2.6　起重装备的配置与选择

1. 起重装备的主要性能参数

在对起重机械进行配置与选择之前，需要弄清楚起重机械的主要性能参数，它们包括起重量、工作幅度、起重力矩、起升高度，以及工作速度等。

1) 起重量

起重量是指起重机能吊起重物的质量，其中应包括吊索和铁扁担或容器的质量，它是衡量起重机工作能力的一个重要参数。通常称为额定起重量，用“Q”表示。起重量的单位用“吨”表示。

起重机随着工作幅度的变化，其起重量也随之变化。因此，额定起重量有最大起重量和最大幅度起重量。最大起重量是指基本起重臂处于最小幅度时所允许起吊的最大起重量；最大幅度起重量是指基本起重臂处于最大幅度时所允许起吊的最大起重量。一般起重机的额定起重量是指基本起重臂处于最小幅度时允许起吊的最大起重量，也就是起重机铭牌上标定的起重量。

2) 工作幅度

工作幅度是指在额定起重量下，起重机回转中心轴线到吊钩中心线的水平距离，通常称为回转半径或工作半径，用“R”表示，单位为“m”。工作幅度表示起重机不移位时的工作范围，它包括最大幅度(R_{max})和最小幅度(R_{min})参数。对于俯仰变幅的起重臂，当水平夹角为 13° 时，从起重机回转中心轴线到吊钩中心线的水平距离最大，为最大幅度；当起重臂仰到最大角度(一般水平夹角为 78°)时，回转中心轴线到吊钩中心线距离最小，为最小幅度。对于小车变幅的起重臂，当小车处于臂架头部端点位置时，为最大幅度；当小车处于臂架根部端点位置时，为最小幅度。

起重机的起重量随幅度变化而变化，同一台起重机，幅度不同，其起重量也不同。对于有支腿装置的轮式起重机，还应以有效幅度 A 表示，即支腿侧向工作时，在额定起重量下，吊钩中心垂线到该侧支腿中心线的水平距离。有效幅度反映起重机的实际工作能力，没有使用支腿侧向工作时，则工作幅度用 A_1(单胎)或 A_2(双胎)表示，如图 3.38 所示。

3) 起重力矩

起重力矩是指起重机的起重量与相位幅度的乘积，用 M 表示，$M=QR$。起重力矩的单位用 t · m 表示，也可用 kN · m 表示，它是起重机的综合起重能力参数，能全面和确切地反映起重机的起重能力。

塔式起重机需要经常在大幅度情况下工作，故以起重力矩作为表示型号的主参数。塔式起重机的起重力矩，通常是指最大幅度时的起重力矩。

起重机的起重特性曲线是表示起重机的起重量与幅度关系的曲线，不同幅度有不同的额定起重量，将不同幅度和相应的额定起重量以线连接起来，可以绘制成起重特性曲线。所有起重机的操纵台旁都有这种曲线图，使操作人员能很快查出起重机在某一幅度时的最大起重量。对于能配用几种不同臂长的起重机，对应每一种长度的起重臂都有其起重特性曲线。

4) 起升高度

起升高度是指自地面到吊钩钩口中心的距离，用“H”表示，单位为“m”，它的参数标定值通常以额定起升高度表示。额定起升高度是指满载时吊钩上升到最高极限，自吊钩中心到地面的距离。当吊钩需要放到地面以下吊取重物时，则地面以下深度叫下放深度，总起升高度为起升高度和下放深度之和。图 3.39 给出了起升高度的计算方法。

5) 工作速度

起重机的工作速度包括起升、变幅、回转和行走等速度。

(1) 起升速度。起升速度是指起重吊钩上升或下降的速度，单位为“m/min”。起重机的起升速度和起升机构的卷扬牵引速度有关，而且与吊钩滑轮组的倍率有关。2 绳比 4 绳快一倍，单绳比双绳快一倍。表示起升速度参数时，应注明绳数。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

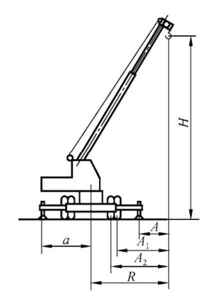


图 3.38　起重机工作幅度和起升高度

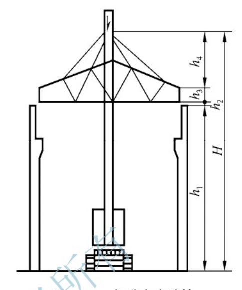


图 3.39　起升高度计算

(2) 变幅速度。变幅速度是指吊钩从最大幅度到最小幅度的平均线速度，单位为“m/min”。俯仰变幅起重臂的变幅速度也就是起重臂升起和降落的速度，一般落臂速度要快于升臂速度。

(3) 回转速度。回转速度是指起重机在空载情况下，其回转台每分钟的转数，单位为“r/min”。

(4) 行走速度。行走速度是指起重机在空载情况下，行走时最大的速度，单位为“m/min”。

6) 自重及质量指标

(1) 自重。起重机的自重是指起重机处于工作状态时起重机本身的总重，以“*G*”表示，单位为“t”或“kN”。

(2) 质量指标。质量指标是指起重机在单位自重下有多大的起重能力，通常用质量利用系数 *K* 表示，它反映了起重机设计、制造和材料的技术水平，*K* 值越大，越先进。起重机质量利用系数的表示形式是以起重力矩和与此相对应的起升高度来表示，即：$K=QRH/G$。

2. 起重机械的选择

起重机的工作级别由起重机的利用等级和载荷状态确定，可分为 A1～A8 共 8 个等级，它反映了起重机在设计寿命期内，使用时间的长短和负载的繁重程度。对起重机械划分工作级别，有利于合理地设计和选用起重机。当起重机利用等级和载荷谱系数无法确定时，可按起重机用途，并参照表 3-2 选定合适的起重机。

表 3-2　起重机工作级别举例

<table>
<tr><th colspan="2">起重机形式</th><th colspan="2">工 作 级 别</th></tr>
<tr><td rowspan="5">桥式起重机</td><td rowspan="3">吊钩式</td><td>电站安装及维修用</td><td>A1～A3</td></tr>
<tr><td>车间及仓库用</td><td>A3～A5</td></tr>
<tr><td>繁重工作车间及仓库用</td><td>A6、A7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">抓斗式</td><td>间断装卸用</td><td>A6</td></tr>
<tr><td>连续装卸用</td><td>A6～A8</td></tr>
</table>

北京大学出版社版权所有
禁止转载

续表

起重机形式	工 作 级 别	
门式起重机	一般用途吊钩式	A3～A6
	装卸用抓斗式	A6～A8
	电站用吊钩式	A2、A3
	造船安装用吊钩式	A3～A5
	装卸集装箱用	A5～A8
装卸桥	料场装卸用抓斗式	A7、A8
	港口装卸用抓斗式	A8
	港口装卸集装箱用	A6～A8
门座起重机	安装用吊钩式	A3～A5
	装卸用吊钩式	A5～A7
	装卸用抓斗式	A6～A8
塔式起重机	一般建筑安装用	A2～A4
	用吊罐装卸混凝土	A4～A6

1) 起重机技术性能的选择

起重机的技术性能必须和施工方案相适应，主要对起重量、起升高度、工作幅度等性能参数予以选择。

(1) 起重量的选择。起重机的起重量必须大于吊装构件的最大起重量和索具质量之和。必须注意，不能依据起重机额定最大起重量，而应根据起吊构件时的工作幅度所允许的起重量。其计算公式为

$$Q \geqslant Q_1 + Q_2$$

式中：Q——起重机的起重量，t；

Q_1——吊装构件的最大起重量，t；

Q_2——索具的质量，t。

(2) 起升高度的选择。起重机的起升高度必须满足所吊装构件的起升高度的要求，如图 3.39 所示。其计算公式为

$$H \geqslant h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

式中：H——起重机的起升高度，从停机地面算起至吊钩中心，m；

h_1——安装构件的表面高度，从停机地面算起，m；

h_2——安装间隙，视具体情况而定，一般不小于 0.3m；

h_3——绑扎点至构件吊起后至地面的距离，m；

h_4——索具高度，自绑扎点至吊钩中心的距离，视具体情况而定，m。

(3) 工作幅度的选择。在一般情况下，当起重机可不受限制地开到构件吊装位置附近去吊装时，需要考虑达到安装高度时所吊构件与起重臂之间的距离，以避免碰撞或提升不到预定高度。据此，按起重量 Q 和起升高度 H 查阅起重机起重性能表或曲线图来选择起重机型号和起重臂长度，并可查得在一定起重量 Q 和起升高度 H 下的工作幅度 R，作为起重机停机位置及行走路线时的参考。

如果起重机不能开到吊装位置附近去吊装，必然要增加工作幅度，就应根据起重量 Q、

北京大学出版社版权所有 禁止转载

起升高度 H 和工作幅度 R 这 3 个参数查阅起重机起重特性曲线来选择起重机型号及起重臂长度。

2) 起重机数量的选择

起重机数量应根据工程量、工期和起重机台班定额产量而定，其计算公式为

$$N = \frac{1}{TCK}\sum\frac{Q_i}{P_i}$$

式中：N——起重机台数，台；

T——工期，天；

C——每天作业班数，班；

K——时间利用系数，取 0.8～0.9；

Q_i——每种构件的吊装工作量，吨；

P_i——起重机相应的台班产量定额，吨/台班。

此外，在决定起重机数量时，还应考虑到构件装卸、拼装和就位的作业需要。

3) 起重机经济性的选择

起重机的经济性和其在工地使用的时间有很大关系。使用时间越长，则平均到每个台班的运输和安装费用越少，其经济性越好。各类起重机的经济性比较曲线如图 3.40 所示。在同等起重能力下，如果使用时间短，则使用汽车式或轮胎式起重机最经济；如果使用时间较长，则履带式起重机较经济；如果长期使用，则使用塔式起重机最经济。

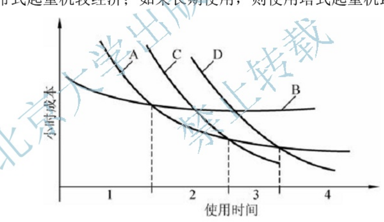


图 3.40　各类起重机经济性比较曲线

A—轮胎起重机；B—汽车起重机；C—履带起重机；D—塔式起重机


案例 3-1

我国起重机行业的现状及发展趋势

随着我国经济的迅速发展，起重运输机在工业生产中也取得了很大的进步，目前我国起重机械设备生产企业高达 3500 多家，其中 1898 家企业拥有了安装、拆卸许可证，它们具有较先进的制造能力，其中“十二五“期间，起重机械产品的工业生产总值和销售收入，分别每年增长 30%，但产品总体上与国外还是有较大差距。

1. 发展制约因素

2011—2015 年，我国的工程机械行业发展的并不是非常好，起重机的销量一直都是处于一种低迷

北京大学出版社版权所有 禁止转载

的状态，这其中的因素是多方面的。

1) 价格因素

国家更注重于工程机械工程的环境保护，所以随着起重机技术的提升成本也有所增加。

2) 市场竞争日益激烈

面临着非常严重的全球化竞争，很多国际品牌加入国内品牌的竞争中，企业要在技术上不断创新。

2. 发展趋势

起重设备正在经历着一场巨大的变革，正处于市场高速发展期，巨有较大的市场发展潜力。而随着现代化建设进程越来越快，对起重机械的要求也越来越高，起重机械向大型化，通用产品小型化、轻型化和多样化，系列产品模块化、组合化和标准化，产品性能自动化、智能化和数字化，产品吨位两极化发展。

1) 重点产品大型化

目前世界上最大的履带起重机起重量3000t，最大的桥式起重机起重量1200t，集装箱岸连装卸桥小车的最大运行速度已达350m/min，堆垛起重机级最大运行速度240m/min，垃圾处理用起重机的起升速度达100m/min。

2) 系列产品模块化、组合化和标准化

用模块化设计代替传统的整机设计方法，将起重机上功能基本相同的构件、部件和零件制成有多种用途，有相同联接要素和可互换的标准模块，通过不同模块的相互组合，形成不同类型和规格的起重机。设计新型起重机，只需选用不同模块重新进行组合。可使单件小批量生产的起重机改换成具有相当批量的模块生产，实现高效率的专业化生产，企业的生产组织也可由产品管理变为模块管理。

3) 通用产品小型化、轻型化和多样化

有相当批量的起重机是在通用的场合使用，工作并不很繁重。这类起重机批量大、用途广，考虑综合效益，要求起重机尽量降低外形高度，简化结构，减小自重和轮压，也可命名整个建筑物高度下降，建筑结构轻型化，降低造价。


【参考视频】

4) 产品性能自动化、智能化和数字化

起重机的更新和发展，在很大程度上取决于电气传动与控制的改进。将机械技术和电子技术相结合，将先进的计算机技术、微电子技术、电力电子技术、光缆技术、液压技术、模糊控制技术应用到机械的驱动和控制系统，实现起重机的自动化和智能化。大型高效起重机新一代电气控制装置已发展为全电子数字化控制系统。

5) 产品吨位两极化发展

我国起重机产业在大型化方面的飞跃尤为突出，而微型化的趋势更多地体现在国外的起重机品牌身上，未来起重机产品吨位有向两极化发展的趋势。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

(1) 我国起重机参与国际市场竞争有哪些优势?

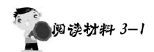
(2) 我国起重机行业与世界先进水平相比主要差距体现在哪些方面?

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3.3 输 送 装 备

物料输送是“装卸搬运”的主要组成部分，在物流各阶段前后和同一阶段的不同活动之间，都必须进行输送作业。在现代物流活动中，输送机械承担货物的运输

任务，具有把各物流阶段连接起来的作用。输送装备是指以连续的方式沿着一定的线路从装货点到卸货点均匀输送散料或成件包装货物的机械。输送机械与起重机械相比较，其工作时输送货物是沿着一定的线路不停地输送；工作构件的装卸和卸载都是在运动过程中进行的，无须停车，启动制动少；被输送的散货是以连续形式分布于承载件上，输送的成件货物也同样按一定的次序以连续的方式移动。



输送机械的发展现状

自从 20 世纪 80 年代以来，中国经济快速发展，一大批港口、电厂相继建成并投入使用，许多国家重点工程引进了国外的先进技术和设备，相继建成秦皇岛港、日照港、青岛前湾港、连云港港、宁波港、天津港等大型物料装卸港口，这些港口的主要装卸货物为煤炭或铁矿石。大量的老电厂已不再使用推土机、装卸桥、叉车等低效率的输送设备。新建电厂已全部采用高效率的输送连续设备。国内用户采用引进及合作制造等多种方式使用国外先进设备。国产设备还出口到其他国家。散料机械设备有了长足的进步。大量的国外公司加入中国的基本建设中，在此期间相继引进了德国、荷兰、美国、法国、日本、英国等国家的大型设备。主要有大型抓斗岸桥、斗轮堆取料机、大型装船机，以及整个散货装卸系统，同时也促进了国内此类设备的设计水平和制造水平。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3.3.1 输送机概述

输送机在一个区间内能连续搬运大量货物，搬运成本非常低廉，搬运期间比较准确，货流稳定，因此，被广泛用于现代物流系统中。从国内外大量自动化立体仓库、物流配送中心、大型货场来看，其装备除起重机械以外，大部分都是连续输送机组成的搬运系统。整个搬运系统均由中央计算机控制，形成了一整套复杂完整的货物输送、搬运系统，大量货物或物料的进出库、装卸、分类、分拣、识别、计量等工作均由输送机系统来完成。在现代化货物搬运系统中，输送机发挥着重要的作用。

1. 输送机的特点

输送机具有以下特点。

(1) 输送机的装料和卸料是在输送过程不停顿的情况下进行的，输送机一经启动，就以稳定的输送速度沿着一定路线输送物料，可以采取很高的输送速度，连续而高速的物料流使输送机可以获得很高的生产率。

(2) 沿固定的中线输送货物，动作单一，故结构简单，便于实现自动控制。在同样生产率的条件下，载荷均匀、速度稳定、连续输送机功率较小。

(3) 重量较轻，结构紧凑，造价较低，输送距离长。但当输送路线复杂时，会造成结构复杂；当输送路线变化时，需要重新布置输送机。

(4) 通用性较差，每种机型只适用一定类型的货种，一般不适于运输重量很大的单件物品或集装容器。

(5) 大多数连续输送机不能自行取货，因而需采用一定的供料装备。

2. 输送机的分类

输送机的形式、构造和工作原理都是多种多样的。由于生产发展的要求，新的机型正在不断增加。按照不同的分类方式，输送机可以分为以下几种。

(1) 按照它所运货物的种类，可分为输送件货和输送散货两种。

(2) 按照安装方式的不同，输送机可分为固定式输送机和移动式输送机两大类。固定式输送机主要用于固定输送场合，如专用码头、仓库中货物移动、工厂生产工序之间的输送、原料的接收和成品的发放等。它具有输送量大、单位电耗低、效率高等特点。移动式输送机具有机动性强、利用率高、能及时布置输送作业达到装卸要求的特点，这类设备输送量不太高，输送距离不长，适用于中小型仓库。

(3) 按照传动特点的不同，输送机可分为挠性构件牵引的和无挠性构件牵引的两类。有挠性牵引的输送机是利用挠性构件传动力和运动，并且依靠挠性牵引构件把物料运到各工序的部位上。牵引构件是往复循环的一个封闭系统，通常是一部分输送货物，另一部分牵引构件返回，常见的有带式输送机、链式输送机、斗式提升机、悬挂输送机等。无挠性构件的输送机的工作特点是利用工作构件的旋转运动或振动，使货物向一定方向运送，它的输送构件不具有往复循环形式，常见的有气力输送机、螺旋输送机、振动输送机等。

(4) 按照输送货物力的形式不同，输送机可分为机械式、惯性式、气力式、液力式等几大类。

(5) 按照货物性质的不同，输送机可分为连续性输送机和间歇性输送机。连续性输送机主要用于散装货物的输送装卸。间歇性输送机主要用于集装单元货物(即成件包装货物)的输送，所以又称为单元负载式输送机。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3. 输送机在现代物流系统中的作用

输送机在现代物流系统中，特别是在港口、车站、库场、货栈内，承担大量的货物运输任务，同时也是现代化立体仓库中的辅助设备，它具有把各物流站点衔接起来的作用。物料输送是“装卸搬运”的主要组成部分，在物流各阶段、环节、功能之间，都必须进行输送作业。

输送机是生产物流中的重要装备。在生产车间，输送装备起着人与工位、工位与工位、加工与储存、加工与装配之间的衔接作用，具有物料的暂存和缓冲功能。通过对输送装备的合理运用，使各工序之间的衔接更加紧密，提高生产效率，它是生产中必不可少的调节手段。

4. 主要技术参数

(1) 生产率。生产率是指单位时间内能够运送物料的质量。它是反映输送机工作性能的主要指标，计算公式为

$$m=3.6qv/g$$

式中：m ——单位时间内能够运送物料的质量，t/h；

q ——输送带线载荷，单位长度承载构件上货物或物料的重量，N/m；

v ——输送带速度，m/s；

g ——重力加速度，m/s^2。

(2) 输送速度。输送速度是指被运货物或物料沿输送方向的运行速度。其中带速是指输送带或牵引带在被输送货物前进方向的运行速度。

由生产率的计算可知，带速是提高输送机生产率的主要因素。在同样生产条件下，带速越大，单位长度的输送带上的负荷越小，即可以减小输送带层数，降低了输送带的成本；同时，带速增加，也可以为采用较窄的输送带创造条件，从而使整个输送机系统结构紧凑。但带速太大，会使带子产生较大横向摆动，加速输送带的磨损，同时还会增加脆性材料的破损程度；当运送干燥的粉末物料或粒度很小的物料时，还增加了粉尘的飞扬。

(3) 带宽。带宽是输送机的一个重要尺寸参数，其大小取决于输送机的生产率和速度。一般情况下，带速与带宽的关系见表 3-3。

表 3-3　输送机带宽与带速的关系

带宽 B/mm	500	650	800	1 000	1 200	1 400
带速 v/(m/s)	1.25	1.25	2.0	2.5	3.15	4.0

(4) 充填系数。充填系数是输送机承载件被物料或货物填满的程度的系数。

(5) 输送长度。输送长度是指输送机装载点与卸载点之间的展开距离。

(6) 提升高度。提升高度是指货物或物料在垂直方向上的输送距离。

此外，还有安全系数、制动时间、启动时间、电动机功率、轴功率、单位长度牵引构件的质量传入点张力、最大动张力、最大静张力、预张力和拉紧行程等。

3.3.2　输送机的应用及结构

1．带式输送机

带式输送机是连续运输机中效率最高、使用最普遍的一种机型，广泛应用于采矿、冶金、水电站建设工地、港口及工业企业内部流水生产线上。

1) 带式输送的结构及特点

带式输送机的结构特征和工作原理是：输送带既是承载货物的构件，又是传递牵引力的牵引构件，依靠输送带与滚筒之间的摩擦力平稳地进行驱动。输送带按种类不同分为橡胶带、帆布带、塑料带和钢芯带 4 大类，其中以橡胶输送带应用最广。带式输送机如图 3.41 所示。



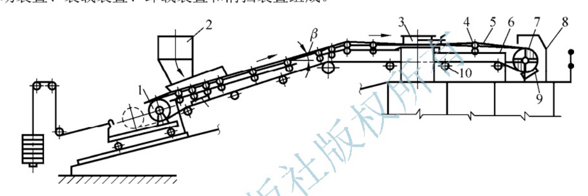
图 3.41　带式输送机

北京大学出版社版权所有 禁止转载

带式输送机主要用于在水平方向或坡度不大的倾斜方向连续输送散粒货物，也可用于输送重量较轻的大宗成件货物。其特点是：输送距离大；输送能力大、生产率高；结构简单、基建投资少、营运费用低；输送线路可以呈倾斜布置或在水平方向、垂直方向弯曲布置，受地形条件限制较小；工作平衡可靠；操作简单、安全可靠、易实现自动控制。正是由于其优越的特点，使其应用场合遍及仓库、港口、车站、工厂、煤矿、矿山、建筑工地。但带式输送机不能自动取货，当货流变化时，需要重新布置输送线路，输送角度不大。

2) 带式输送机主要结构部件

典型的带式输送机的结构组成如图 3.42 所示，主要由输送带、支承托辊、驱动装置、制动装置、装载装置、卸载装置和清扫装置组成。



北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 3.42　带式输送机结构示意图

1—张紧滚筒；2—装载装置；3—卸料挡板；4—上托辊；5—输送带；
6—机架；7—驱动滚筒；8—卸载罩壳；9—清扫装置；10—支承托辊

(1) 输送带。输送带用来传递牵引力和承载被运货物，因此要求强度高、抗磨耐用、挠性好、伸长率小和便于安装修理。

(2) 支承托辊。支承托辊的作用是支撑在输送带及带上的物料，减少输送带的垂度，使其能够稳定运行。托辊的维修或更换费用是带式输送机营运费用的重要组成部分。为了减少托辊对输送带的运动阻力，必须注意托辊两端滚动轴承的密封和润滑，以保证托辊转动灵活和延长使用寿命。

(3) 驱动装置。驱动装置的作用是驱动输送带运动，实现货物运送。

通用固定式和功率较小的带式输送机都采用单滚筒驱动，即电动机通过减速器和联轴器带动一个驱动滚筒运转。一般采用封闭式鼠笼电动机。当功率较大时，可配以液力耦合器或粉末联轴器，使启动平稳。长距离生产率高的带式输送机可采用多滚筒驱动，大功率电动机可采用绕线式电动机，它便于调控，使长距离带式输送机平稳启动。此外还可采用摆线针轮减速器传动或采用电动滚筒。

(4) 制动装置。对倾斜布置的带式输送机，为了防止满载停机时输送带在货重的作用下发生反向运动，引起物料逆流，应在驱动装置处设制动装置。制动装置有滚柱逆止器、带式逆止器、电磁瓦块式或液压电磁制动器。

(5) 张紧装置。张紧装置的作用是使输送带保持必要的初张力，以免在驱动滚筒上打滑，并保证两托辊之间输送带的垂度在规定的范围以内。张紧装置的主要结构形式有螺旋式、小车重锤式、垂直重锤式 3 种。

(6) 改向装置。改向装置有改向滚筒和改向托辊组两种，用来改变输送带的运动方向。

改向滚筒适用于带式输送机的平行托辊区段，如尾部或垂直重锤张紧装置处的改向滚筒等。

改向托辊组是若干沿所需半径弧线布置的支承托辊，它用在输送带弯曲的曲率半径较大处，或用在槽形托辊区段，使输送带在改向处仍能保持槽形的横断面。

(7) 装载装置。装载装置的作用是对输送带均匀装载，防止物料在装载时洒落在输送机外面，并尽量减少物料对输送带的冲击和磨损。物料在下滑到输送带上时，应保持尽可能小的法向分速度(相对于带面)和尽量接近于带速的切向分速度。

(8) 卸载装置。带式输送机可在输送机端部卸料，也可在中间卸料，前者物料直接从滚筒处抛卸，后者可采用卸载挡板或卸载小车。

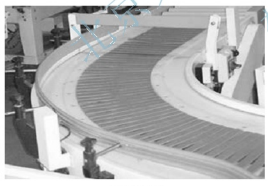
(9) 清扫装置。为了提高输送带的使用寿命和保证输送机的正常运行，必须进行清扫。常用的清扫装置是弹簧清扫器和犁形刮板。

2. 链式输送机

链式输送机用环绕若干链轮的无端链条作牵引件，由驱动链轮通过轮齿和链节的啮合将圆周牵引力传递给链条，在链条上固定着一定的工作物件以输送货物。货物放在运动着的链条上移动是最简单的链式输送机。

链条是用特殊形状的链片制成的，可以用来安装各种附件，如托板等，用链条和托板组成的链板输送机(图 3.43)是一种广泛使用的连续输送机械。链板输送机用链条作牵引构件，由固定在链条上的板片承载货物，靠链条与齿轮的啮合驱动传递牵引力。与带式输送机相比，它的优点是板片上能承放较重的件货，链条挠性好、强度高，可采用较小直径的链轮和传递较大的牵引力；缺点是自重、磨损、消耗功率都比带式输送机大，而且链条与链轮啮合时，链条随链轮多边形的各个边运动，链条中会发生动载荷，使工作速度受到限制。

北京大学出版社版权所有 禁止转载


(a) 转弯型


(b) 多排差速

图 3.43 链板输送机

3. 螺旋输送机

螺旋输送机是利用带有螺旋叶片的螺旋轴的旋转使物料产生沿螺旋面的相对运动，物料受到料槽或输送管臂的摩擦力作用与螺旋一起旋转，从而将物料推移向前来实现物料输送的机械。普通螺旋输送机(图 3.44)由一个头节、一个尾节和若干个中间节，以及具有螺旋叶片和轴组成的旋转体构成。图 3.45 为螺旋输送机实物图。

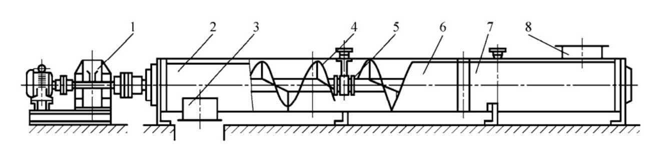


图 3.44　螺旋输送机结构

1—驱动装置；2—头节；3—卸料口；4—螺旋轴；5—吊轴承；6—中间节；7—尾节；8—进料口

螺旋输送机的优点是结构简单、紧凑，没有空返分支，因而横断面积小，可在多点装货和卸货；装、卸料点选取灵活，随处可取；工作可靠，易于维修，价格低；输送散货时能在料槽内实现密闭输送，对环境污染小。它的缺点是由于物料对螺旋、物料对料槽的摩擦和物料的搅拌，在运送过程中的阻力大，使单位功率消耗较大；螺旋和料槽容易磨损，物料也可能破碎；螺旋输送机对超载较敏感，易产生堵塞现象。因此，一般来说螺旋输送机输送距离不长，生产率低，适于输送摩擦性较小的物料，不宜输送黏性大、易结块及大块的物料。

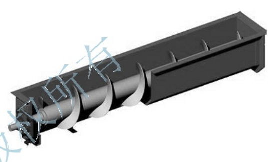


图 3.45　螺旋输送机

螺旋输送机按料槽的走向可分为直线螺旋输送机和曲线螺旋输送机两种。前者可在水平方向、倾斜方向(不超过 20°)、垂直方向对散堆物料和成件、包装件进行输送，分为水平螺旋输送机和垂直螺旋输送机；后者可对这些货物进行空间多维可弯曲输送。在水平螺旋输送机中，料槽的摩擦力是由物料自重引起的；而在垂直螺旋输送机中，输送管壁的摩擦力主要是由物料旋转离心力所引起的。

按所运货物的性质不同，螺旋输送机可分为散粒货物螺旋输送机和成件、包装件螺旋输送机两种。根据结构不同，螺旋输送机还可分为双螺旋输送机和单螺旋输送机两种，后者使用较多。螺旋输送机的安装方式不同有固定式和移动式两种，大部分螺旋输送机采用固定式。

4. 气力输送机

气力输送机是采用风机使管道内形成气流来输送散粒物料的装备。它的输送原理是将物料加到具有一定速度的空气气流中，构成悬浮的混合物，通过管道输送到目的地，然后将物料从气流中分离出来卸出。气力输送机主要用于输送粉状、粒状及块度不大于 30mm 的小块物料，选择不同的风速，既要保证物料在管道内成悬浮状态，不堵塞管道，又要尽可能多地输送物料，做到既经济又合理。

气力输送机主要由送风装置(抽风机、鼓风机或气压机)、输送管道及管件、供料器、除尘器等组成。物料和空气的混合物能在管路中运动而被输送的必要条件是：在管路两端形成一定的压力差。按压力差的不同，气力输送机可分为吸送式、压送式和混合式 3 种。

(1) 吸送式气力输送机。如图 3.46 所示，它可以装配多根吸料管，同时从多处吸取物

北京大学出版社版权所有 禁止转载

料，但输送距离不能过长。由于真空的吸力作用，供料装置简单方便，吸料点不会有粉尘飞扬，对环境污染小，但对管路系统密封性要求较高。此外，为了保证风机可靠工作和减少零件的磨损，进入风机的空气必须除尘。

(2) 压送式气力输送机。如图 3.47 所示，它可实现长距离的输送，生产效率较高，并可由一个供应点，向几个卸料点输送，风机工作条件较好，但它要把物料送入高于外界大气压力的管道中，所以供料器比较复杂。

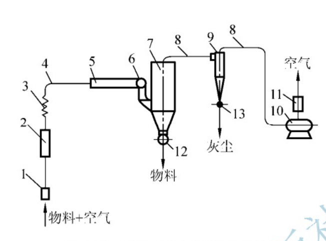


图 3.46　吸送式气力输送机示意图

1—吸嘴；2—垂直伸缩管；3—软管；4—弯管；5—水平伸缩管；6—铰接弯管；7—分离器；8—风管；9—除尘器；10—鼓风机；11—消声器；12—卸料器；13—卸灰器

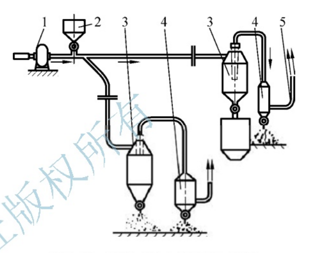


图 3.47　压送式气力输送机示意图

1—鼓风机；2—供料器；3—卸料器；4—除尘器；5—排出管

北京大学出版社版权所有
禁止转载

(3) 混合式气力输送机。如图 3.48 所示，它综合了吸送式和压送式气力输送机的优点：吸取物料方便且能较长距离输送，可以由几个地点吸取物料，同时向几个不同的目的地输送。但是，它的结构比较复杂。

图 3.48　混合式气力输送机示意图

1—吸嘴；2—吸料管；3—分离器；4—除尘器；5—鼓风机；6—输料管；7—卸料器；8—除尘器

气力输送机的优点是：可以改善劳动条件，提高生产效率，有利于实现自动化；可以减少货损，保证货物质量；结构简单，没有牵引构件；生产率较高，不受管路周围条件和气候的影响；输送管道能灵活布置，适应各种装卸工艺；有利于实现散装运输，节省包装费用，降低成本。

气力输送机的缺点是：动力消耗较大，噪声大；被输送的物料有一定的限制，不宜输送潮湿的、黏性的和易碎的物料；在输送磨损性大的物料时，管道等部件容易磨损。

5. 辊道式输送机

辊道式输送机是利用辊子输送成件物品的输送机。它由一系列以一定间距排列的辊子组成，用于输送成件货物或托盘货物。它可沿水平或曲线路径进行输送，其结构简单，安

装、使用、维护方便，对不规则的物品可放在托盘或者托板上进行输送。货物和托盘的底部必须有沿输送方向的连续支撑面，为保证货物在辊子上移动时的稳定性，该支撑面至少应该接触 4 个轮子，即辊子的间距应小于货物支撑面长度的 1/4，如图 3.49 所示。

辊道式输送机按驱动方式分为无动力辊道输送机、动力辊道输送机(链传动、摩擦传动)。

无动力辊道输送机，货物由人力推动，辊道也可以布置一定的斜度，使货物能靠自身的重力从一处自然移动到另一处。这种动力方式的辊道的优点是结构简单；缺点是输送机的起点和终点有高度差。如果输送距离较长，必须分成几段，在每段的终点设一个升降台，把货物提升至一定的高度，使物料再次沿辊道移动。



图 3.49　辊道式输送机

6. 斗式提升机

斗式提升机是一种在垂直方向或大于 70° 倾角方向上输送粉粒状货物的输送设备。根据牵引构件的不同，斗式提升机可分为带斗式提升机和链斗式提升机。带斗式提升机适用于粉末或块状磨损性较小的物料，可以有很高的工作速度，但其强度较低，不能用于承载力很大、工作繁忙的场合；链斗式提升机工作速度较低，但其有很高的强度，可用于提升中等或大块度的物料，大型货场采用的卸煤机、卸矿石机等都采用链斗式提升机。

斗式提升机通常由牵引构件、料斗、机头、机座、机筒、驱动装置等组成，如图 3.50 所示。它由牵引构件环绕并张紧于斗轮与底轮之间。在牵引构件上每隔一定的间距固定着承载物料的料斗。全部构件都密封在密闭的外壳中，防止灰尘的飞扬和物料的洒漏。外壳上端称为机头，下端称为机座，中间称为机筒。机筒的长短可根据提升高度由若干节组成。

北京大学出版社版权所有　禁止转载



(a) 外观图

(b) 结构示意图

图 3.50　斗式提升机

1—进料口；2—拉紧装置；3—牵引机构；4—料斗；5—驱动平台；6—驱动装置；
7—传动轮；8—头部罩壳；9—卸料口；10—中间罩壳；11—拉紧轮；12—底座

斗式提升机的工作过程分为 3 个阶段：装料、提升、卸料，其中装料与卸料尤为重要，对提升机的生产率起决定性的作用。提升较为简单，只要胶带或链条强度有保证，输送过程无打滑或抖动现象，基本上就可保证提升平衡，不洒料。斗式提升机的装料方式有注入式和挖取式两种。注入式装料由前方的加料料斗加料，物料迎着向上运动的料斗注入，主要适用于输送较重、大块货物，如砾石、矿石等。挖取式装载的料斗，是从料堆中取料。物料从料斗中卸出，根据物料受力情况的不同，可分为离心式、重力式和混合式 3 种。

斗式提升机在港口、仓库、粮食加工厂、油厂、食品厂等部门中得到广泛的应用。它的优点是：结构简单，外形尺寸小；占地面积小；提升高度和输送能力强；在全封闭的机身内工作，对环境的污染小；耗用的动力小。其缺点是：过载时容易堵塞；需要均匀供料；料斗容易磨损等。

案例 3-2

自动化物流输送系统

物流输送系统以输送机械设备为基础，输送机械设备主要有：提升机、辊道输送机、链条输送机、皮带输送机、穿梭加料装置、暂存装置等。可根据实际工艺特点灵活选择所匹配的物料输送设备，组成经济、实用、高效的输送系统，可以是单一设备，也可以是多种输送机械的组合。

根据本案例所提供的资料，试了解各类输送机在物流系统的作用。

北京大学出版社版权所有
禁止转载


【行业实践】

3.4 叉　　车

叉车又称铲车，是物流领域中应用最广泛的装卸搬运装备之一。它以货叉作为主要的取货装置。叉车的前部装有标准货叉，可以自由地插入托盘取货和放货，依靠液压起升机构升降货物，由轮胎式行驶系统实现货物的水平搬运。叉车除了使用货叉外，通过配备其他取物装置后，还能用于散货和多种规格品种货物的装卸作业。

叉车具有良好的动力性能。根据叉车工作的需要，叉车的前进和后退的最大行驶速度相同，前进挡和后退挡的挡数相同。叉车的上方设置护顶架，部分叉车装有司机室。

3.4.1　叉车的特点及总体结构

1. 叉车的特点

叉车主要具有以下几个特点。

(1) 通用性。叉车在物流的各个领域都有所应用，如仓库、车站、码头和港口都要应用叉车进行作业。如果叉车与托盘配合，它的应用范围会更广，同时可以提高作业的效率。

(2) 机械化程度高。叉车是装卸和搬运一体化的设备，它将装卸和搬运两种作业合二为一，作业的效率高。

(3) 机动灵活性好。叉车外形尺寸小，轮距较小，这样叉车的转弯半径很小，能在作业区域内任意调动，机动灵活性好，在许多机械难以使用的领域都可以采用叉车。

(4) 经济效果比较好。与大型起重机械比较，叉车成本低，投资少，能获得较好的经济效益。

(5) 装卸效率高和装卸安全性强。叉车作业可缩短装卸、搬运、堆码的作业时间。加速车船周转，有利于开展托盘成组运输和集装箱运输；另外叉车作业可减少货物破损，提高作业的安全程度。

(6) 提高仓库容积利用率。叉车作业可使货物的堆垛高度大大增加，仓库和货舱的空间位置得到了充分利用。

2. 叉车的总体结构

叉车是一种复杂的机器，尽管叉车的吨位大小、型号、式样不同，但都必须具备以下装置和系统，才能在使用中发挥作用。

叉车从总体结构上可分为动力系统、传动系统、转向系统、制动系统、起重系统、液压系统、电器设备和行驶系统 8 大部分。

(1) 动力系统。动力系统是叉车行驶和工作的动力来源。目前在叉车上采用的发动机 80%为往复式。内燃机按燃料不同分为汽油机、柴油机。动力分为两端输出，后端通过飞轮与离合器连接，将动力传递给传动系统，前端经分动箱将动力传递给液压齿轮油泵。

(2) 传动系统。传动系统的作用是将发动机传来的动力有效地传递到车轮，满足叉车实际工况的需要。传动系统由离合器、变速器、驱动桥等组成。传动系统的传动方式有机械式传动、液力式传动和静压传动。

(3) 转向系统。转向系统是在驾驶操纵下，控制叉车的行驶方向。它由转向机、转向联动机构两部分组成。转向方式有机械转向器、具有液力助力器的机械转向器和全液压转向器。

(4) 制动系统。制动系统使叉车能迅速地减速或停车，并使叉车能稳妥地停放，以保证安全。制动系统通常由手制动和脚制动两个独立部分组成，它们又由制动器和制动驱动机构组成。制动驱动方式有机械驱动机构和液压驱动机构两种。

(5) 起重系统。起重系统的作用通过起重装置实现对货物的装卸、堆垛。由内外门架、货叉架、货叉(前移叉和油桶挂钩等属具)组成。

(6) 液压系统。液压系统是利用工作油传递能量的机构，通过液压油把能量传给各执行元件，以达到装卸货物的目的。通常把液压系统的工作过程称为液压传动。

(7) 电器设备。电器设备包括发电机、启动机、照明、蓄电池、喇叭和仪表等。

(8) 行驶系统。行驶系统承受叉车的全部重量，传递牵引力及其他力和力矩，并缓冲对叉车的冲击，以保证叉车平稳地行驶，它由车架、悬挂装置、车轮等组成。

3.4.2　叉车的分类、结构及性能特点

叉车按动力装置的不同，可分为电动式叉车和内燃式叉车。按照结构和用途的不同，

北京大学出版社版权所有 禁止转载

可分为平衡重式叉车、插腿式叉车、前移式叉车、侧面式叉车、集装箱式叉车、伸缩臂式叉车、低货位拣选式叉车、高货位拣选式叉车、托盘式叉车和跨运车。

1. 平衡重式叉车

平衡重式叉车是叉车中应用最广泛的一种形式，约占叉车总数的 80%以上，其特点是工作装置位于叉车的前端，货物载于前端的货叉上，为了平衡前端货物的重量，需要在叉车的后部装有平衡重。叉车的前轮为驱动轮，后轮为转向轮。

由于其结构上无支撑臂，而是以较长轮距和平衡重块来平衡载荷的，所以叉车的重量和尺寸较大，作业时需要较大的空间。同时，货叉直接从前方叉取货物，对所叉货物的体积一般没有要求。平衡重式叉车的动力较大、底盘较高，具有较强的地面适应能力和爬坡能力，适宜在室外作业，如图 3.51 所示。

2. 插腿式叉车

插腿式叉车前方带有小轮子的支腿能与货叉一起伸入货物底部，由货叉托起货物。货物的重心位于前后车轮所包围的支撑平面内，稳定性好，不必再设平衡重。插腿式叉车一般由电动机驱动，蓄电池供电，起重量在 2t 以下。它的作业特点是起重量小、车速低、结构简单、外形尺寸小，行走轮直径小，对地面要求较高，适用于通道狭窄的仓库和室内堆垛、搬运作业，如图 3.52 所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载



图 3.51　平衡重式叉车



图 3.52　插腿式叉车

3. 前移式叉车

前移式叉车的货叉可沿叉车纵向前后移动。它有两条前伸的支腿，与插腿式叉车相比，前轮较大，支腿较高，作业时支腿不能插入货物的底部。前移式叉车与插腿式叉车一样，都是货物的重心落到车辆的支撑平面内，因此，稳定性很好，如图 3.53 所示。

前移式叉车又可分为门架前移式和叉架前移式两种。前者的货叉和门架一起移动，叉车驶近货垛时，门架可能前伸的距离要受外界空间对门架高度的限制，因此，只能对货垛的前排货物进行作业。叉架前移式叉车的门架则不动，货叉借助于伸缩机构单独前伸。如果地面上具有一定的空间允许插腿插入，叉车能够超越前排货架，对后一排货物进行作业。前移式叉车一般由蓄电池作动力，起重量在 3t 以下。优点是车身小、重量轻、转弯半径小、机动性好，适合于通道较窄的室内仓库作业。

4. 侧面式叉车

侧面式叉车的门架和货叉在车体的侧面还有一货物平台，侧面式叉车的特点是：由于货物沿纵向旋转，适于搬运条形尺寸货物；货叉位于侧面，使得叉车在作业的过程中，车体进入通道，货叉面向货架或货垛，这样在进行装卸时不必转弯再作业；货物放置在货物平台上，叉车行驶时稳定性好；司机视野比平衡重式叉车好。缺点是门架和货叉只能向一侧伸出，当需要在对侧卸货时，必须将叉车驶出通道，掉头后才能卸货，如图 3.54 所示。



图 3.53 前移式叉车



图 3.54 侧面式叉车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

5. 集装箱式叉车

集装箱叉车是集装箱码头和堆场上常用的一种集装箱专用装卸机械，主要用作堆垛空集装箱等辅助性作业，也可在集装箱吞吐量不大的综合性码头和堆场进行装卸与短距离搬运，如图 3.55 所示。

6. 伸缩臂式叉车

与平衡重式叉车相比，伸缩臂式叉车(图 3.56)具有以下特点。



图 3.55 集装箱式叉车



图 3.56 伸缩臂式叉车

(1) 适用的作业范围广。伸缩臂式叉车可以跨越障碍进行货物的堆垛作业，并通过变换叉车属具进行多种作业。

(2) 稳定性有所改善。伸缩臂式叉车整车重心后移，利于提高运行的稳定性，通过臂

杆的移动而不需要车辆的移动来对准货位，利于提高堆垛的稳定性。

(3) 前方视野良好。驾驶室前方无障碍物遮挡，作业区域可全部暴露在操作者的视野范围内。

7. 低位拣选叉车

低位拣选叉车进行操作时，操作者可站立在上下车便利的平台上。低位拣选叉车(图 3.57)适于车间内各个工序间加工部件的运输，减轻操作者搬运、拣选作业的强度。一般乘立平台离地高度为 200mm 左右，支撑脚轮直径较小，仅适用于在车间平坦路面上行驶。

8. 高位拣选叉车

高位拣选叉车的主要作用是高位拣货，这类叉车主要是在物流中心或配送中心的高架仓库内完成货物的存取作业。特点是货叉可以向前、向左、向右三个方向旋转，通常在高层货架区的窄通道内进行货物的存取作业。起升高度一般为 4～6m，最高可达 13m，大大提高了仓库的空间利用率。为了保证安全，操作台起升时，只能微动运行。这类叉车所需的作业空间小，使得仓库的空间能够高效利用，大大提高了存储面积的利用率，如图 3.58 所示。


北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 3.57　低位拣选叉车　　　　图 3.58　高位拣选叉车

9. 托盘式叉车

托盘式叉车又称为托盘搬运车，是以搬运托盘为主的搬运车辆，如图 3.59 所示。托盘搬运车包括手动托盘搬运车和电动托盘搬运车。托盘搬运车与平衡重式叉车相比，体形小、重量轻。采用人工操作时，负载不能太大。当搬运两吨以上的货物时，搬运起来就比较费力，适合于短距离搬运。在物流活动中，手动托盘搬运车主要用于区域装卸。当搬运距离加大时，应采用电动托盘搬运车。

10. 跨运车

跨运车是由门形车架和带抱叉的提升架组成的搬运机械，如图 3.60 所示。作业时，门形车架跨在货物上，由抱叉托起货物进行搬运和码垛。在港口，跨运车可用来搬运和堆码

钢材、木材和集装箱等。跨运车起重量大、运行速度较高、装卸快，甚至可做到不停车装载，但跨运车本身重量集中在上部，重心高，空车行车时稳定性较差，要求有良好的地面条件。



图 3.59　托盘式叉车



图 3.60　跨运车

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3.4.3　叉车型号

内燃叉车型号标注由 7 项内容组成，依次是：厂牌、叉车代号、结构形式代号、动力类型代号(用燃料代号表示)、传动形式代号、主参数代号和改进代号，如图 3.61 所示。

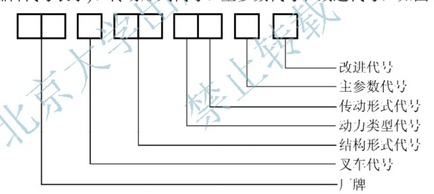


图 3.61　叉车型号示意图

(1) 厂牌：用汉语拼音字母表示或由两个汉字表示，由厂家自定，可省略。

(2) 叉车代号：用 C 表示。

(3) 结构形式代号：P 表示平衡重式，C 表示侧叉式，Q 表示前移式，B 表示低起升高度插腿式，T 表示插入插腿式，Z 表示跨入插腿式，X 表示集装箱叉车，K 表示通用跨车，KX 表示集装箱跨车，KM 表示龙门跨车。

(4) 动力类型代号：汽油机标字母 Q，柴油机标字母 C，液态石油气机标字母 Y。

(5) 传动形式代号：机械传动不标字母，动液传动标字母 D，静液传动标字母 J。

(6) 主参数代号：以额定起重量(t)×10 表示。

(7) 改进代号：按汉语拼音字母顺序表示。

例：CPQ10B 表示平衡重式叉车，以汽油机为动力，机械传动，额定起重量 1t，同类同级叉车第二次改进。

CPCD160A 表示平衡重式叉车，以柴油机为动力，动液传动，额定起升质量为 16t，同类同级叉车第一次改进。

3.4.4 叉车的主要技术参数

叉车的技术参数主要说明叉车的结构特征和工作性能，是选择叉车的主要依据。它主要包括额定起重量 Q、载荷中心距 C、最大起升高度 H、最大起升速度、门架倾角等，现具体说明如下。

(1) 额定起重量 Q 和载荷中心距 C。额定起重量是指货物的重心处于载荷中心距以内时，允许叉车举起的最大重量。载荷中心距是指叉车设计规定的额定起重量的标准货物重心到货叉垂直段前臂之间的距离，单位为 mm。额定起重量与载荷中心距是叉车的两个相关的指标。载荷中心距是根据叉车稳定性设计决定的，起重量不同，载荷中心距是不一样的。

(2) 最大起升高度 H 和自由起升高度。最大起升高度是指在额定起重量下、门架垂直而货物起升到最高位置时，货叉水平段的上表面距地面的垂直距离。自由起升高度是指不改变叉车总高时，货叉可能起升的最大高度。

(3) 最大起升速度。最大起升速度是指叉车在额定起重量下、门架处于垂直位置时货物起升的最大速度。

(4) 最高行驶速度。最高行驶速度是指叉车在垂直、干硬的路面上满载行驶时所能达到的最高车速，以 km/h 表示。提高时速，可以提高作业效率，但是由于叉车运距短、停车和起步频繁等特点，过于提高时速，不仅没有必要；相反，很不经济、不安全。一般情况下，内燃叉车的最高运行车速为 20～27km/h，库内作业的最高运行车速为 14～18km/h。

(5) 最大爬坡度。最大爬坡度是指叉车在正常路面情况下，以低速挡等速度行驶时所能爬越的最大坡度，以度或百分数表示，分为空载和满载两种情况。叉车满载的最大爬坡度一般由原动机的最大扭矩和低速挡的总传动比决定。空载的最大爬坡度通常取决于驱动轮与地面的黏着力。

(6) 门架倾角。门架倾角是指叉车在平坦、坚实的路面上，门架相对于垂直位置向前或向后的最大倾角，门架前倾的目的是便于货叉取货，门架后倾的目的是为了防止叉车载货行驶时货物从货叉上滑落。一般叉车门架的前倾角和后倾角分别为 6° 和 12°。

(7) 最小转弯半径。叉车在空载低速行驶、打满方向盘(即转向轮)使叉车处于最大偏转角时，车体最外侧点和最内侧点到转弯中心的距离，分别称为叉车最小外侧转弯半径和最小内侧转弯半径。最小转弯半径一般是指最小外侧转弯半径。转弯半径越小，叉车机动性越好。

(8) 叉车的外形尺寸。叉车的外形尺寸用叉车的总长、总宽、总高表示。总长是指叉车纵向叉尖至叉车最后端之间的距离；总宽是指叉车横向左右最外侧之间的距离；总高是指叉车门架垂直、货叉落地时，叉车最高点到地面的垂直距离。

(9) 最小离地间隙。最小离地间隙是指在叉车轮压正常时，叉车最低点距地面的距离。离地间隙越大，则通过性能越好，但离地间隙太大，会影响叉车的稳定性。

(10) 轴距和轮距。轴距是指叉车的前后车桥中心线之间的水平距离；轮距是指叉车的同一车桥左右两个(或两组)车轮中心面之间的距离。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(11) 叉车的稳定性。叉车的稳定性是指在作业过程中抵抗倾翻的能力，是保证叉车工作安全的重要指标。叉车的稳定性分为纵向稳定性和横向稳定性。平衡重式叉车由于货物重力及惯性力的作用有可能向前纵向倾翻，转弯时的离心动力又可能使叉车横向倾翻。

3.4.5 叉车的选用与使用管理

1. 叉车的选用原则

叉车的种类很多，形式规格各异。在流通管理中首先应了解叉车的选用原则，才能充分发挥叉车的使用价值。选用原则有以下两条。

(1) 应首先满足使用性能要求。选用叉车时应合理地确定叉车的技术参数，如起重量、工作速度，起升高度、门架倾斜角度等。还要考虑叉车的通过性能是否满足作业场地及道路要求，如转弯半径、最小离地间隙，以及门架最高位置时的全高、最低位置时的全高等。除此之外，选用叉车要求工作安全可靠，无论在什么作业条件下，都要具有良好的稳定性。

(2) 选择使用费用低、经济效益高的叉车。选择叉车除考虑叉车应具有良好的技术性能外，还应有较好的经济性，使用费用低、燃料消耗少、维护保养费用低等。可用重量利用系数和比功率大小，定量比较叉车的经济性。

重量利用系数 $K=Q/G$，它是叉车载重量 Q 和自重 G 的比值，表明叉车制造、设计的综合水平。减轻叉车自重 G，不但节省原材料，降低生产成本，而且减少燃料的消耗和轮胎的磨损。

比功率 $f=N/(Q+G)$，表明叉车单位总重量(自重与载重之和)所需耗用的功率。它是叉车动力性能的综合指标，直接影响燃料的消耗。

2. 叉车在仓库中的维护保养

通常叉车的技术维护保养措施分为以下 3 级。

(1) 日常维护。检查库房内的温度、湿度，清洗叉车上的污垢、泥土等，进行外表保养。

(2) 一级技术保养。叉车在库房存放一段时期(3～6 个月)后，要进行一级技术保养，检查汽缸压力或真空度，调整气门间隙，检查节温器、液压系统各元件，以及变速器的换挡工作是否正常。检查制动系统、调整制动片与制动鼓间隙。检查发电机及启动机安装是否牢固、灰刷和整流子有无磨损、风扇皮带的松紧程度。检查曲轴和通风接管是否完好，清洗滤油器。同时还要检查车轮安装是否牢固，轮胎的气压是否符合要求等。对于那些因进行保养而拆卸的零部件，重新装配后，要进行路试，使之达到技术要求。

(3) 二级技术保养。叉车存放半年以上时，要进行二级技术保养，除了以上日常保养和一级技术保养项目之外，还要增添拆卸工作，更换生锈不能用的零部件，如拆卸水箱、柴油箱盖、水泵及汽缸盖，清除锈蚀，检查性能是否可靠等。如果叉车长期存放，要用木材顶住平衡块，避免两个后轮长期受载。

3. 叉车在特殊条件下的正确使用

叉车在一些特殊条件下使用时，需要特别注意一些事项。

1) 走合期的正确使用

按技术规定，新购置的叉车在正常使用之前，需要有一段时间的磨合期，这称为走合期。走合期一般为新车开始使用的 50h 左右，走合期里程为 500km。叉车走合期的正确使

北京大学出版社版权所有 禁止转载

用和保养对叉车的使用寿命及日后的工作可靠性都有一定的影响，在走合期内叉车的使用应注意以下事项。

(1) 载重量要求。在走合期内，首先以额定起重量的 1/3 走合 5～6h，再以额定起重量的 1/2 走合 25～30h，最后以额定起重量的 3/4 走合 14～20h。

(2) 转速要求。在走合期内，发动机不得高速运转，限速装置不得任意调整或拆除，车速应经常保持在 10km/h 以下，按照驾驶要领和操作规程进行操作。

(3) 燃料要求。根据季节、环境、车型的不同，正确选用燃油和润滑油。

走合期结束后，要认真清洗发动机、驱动桥、变速箱、转向器和油箱，重新更换润滑脂，严格按换油工艺更换液压系统液压油。此外，还要检查各零部件的紧固情况、皮带的松紧度、蓄电池电解液液面的高度和密度、制动总泵液面的高度、离合器踏板和制动踏板的自由行程等。检查确认各部位状态良好后，方可投入正常使用。

2) 严寒地区叉车的正确使用

严寒地区气温低、润滑油黏度较大、燃油气化性能差、发动机启动困难。进入严寒季节前，应做好叉车的换季保养工作，主要作业内容是更换发动机和液压系统的油液、调整电解液密度、放净冷却水、加注防冻液等。改善发动机的低温启动性能，常用的方法是热水预热发动机，柴油发动机还可以加装启动预热装置。经常清洗油箱、滤清器和油管，防止有水结冰。叉车行驶时，禁止急转弯和急刹车。叉车工作中，当停机时间较长时，应间断地启动发动机，使冷却水保持一定温度。停车时，应选择干燥、朝阳、避风的地点，以防发动机温度下降过快。

3) 炎热地区叉车的正确使用

在炎热的夏季容易产生水箱“开锅”、燃油系统“气阻”、蓄电池电解液消耗过快、液压制动失灵、轮胎气压升高等问题。

驾驶员在夏季作业时要注意：进入夏季前，放出发动机、驱动桥、变速箱、转向机等处的润滑油，并按规定加注夏季用的润滑油。清洗水道，清除冷却系统中的水垢，检查散热器工作状况及风扇皮带的松紧度。作业中，随时注意发动机温度，经常检查和补充冷却水。

4) 在危险环境中叉车的正确使用

《机动工业车辆安全规范》明确规定，在易燃、易爆环境中作业的车辆必须获得在此环境中作业的许可证方可进行作业。在危险环境中使用的叉车必须符合我国有关的防爆安全法规要求，应该选用防爆叉车。

3.4.6 叉车属具

叉车属具是一种安装在叉车上以满足各种物料搬运和装卸作业特殊要求的辅助机构，它使叉车成为具有叉、夹、升、旋转、侧移、推拉、倾翻等多用途和高效能的物料搬运工具。由于货物形状和尺寸的差异，需要配备多种叉车属具以提高叉车的通用性。叉车属具可以扩大叉车的使用范围、保证作业安全、减少工人的劳动强度、提高叉车的作业效率。常用的叉车属具有货叉、吊架、侧夹器、推货器和集装箱吊具等。

1. 叉车属具的分类

(1) 按照操作方式的不同分类。按操作方式的不同，叉车属具的分类如图 3.62 所示。

北京大学出版社版权所有
禁止转载

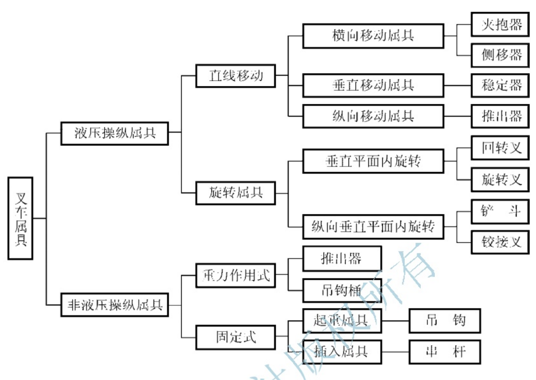


图 3.62 叉车属具按照操作方式不同分类

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(2) 按照工作部分形状的不同分类。按工作部分形状的不同，叉车属具的分类如图 3.67 所示。

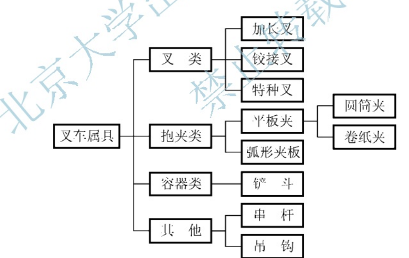


图 3.63 叉车属具按工作部分形状不同分类

2. 常用的叉车属具

1) 货叉

货叉是叉车最常用的属具，是叉车重要的承载构件，如图 3.64 所示。它的形状呈 L 形，水平段用来叉取并承载货物。水平段的上表面平直、光滑，下表面前端略有斜度，叉尖较薄较窄，两侧带有圆弧。货叉水平段的长度一般是载荷中心距的两倍左右。如果需要搬运体积大、质量轻的大件货物，需换用加长货叉或在货叉上套装加长套。货叉的垂直段与滑架连接。根据连接方式的不同，货叉有挂钩型和铰接型两种。中、小型叉车一般采用挂钩

型货叉，大型叉车一般采用铰接型货叉。

2) 侧移叉

侧移叉是一种横向移动属具，其结构和在车上的工作状况如图 3.65 所示。带侧移叉叉车与标准叉叉车相比，结构中主要增加了侧移叉架导轨与油缸。工作时驾驶员操纵侧移叉阀杆的控制手柄，侧叉油缸就产生收缩运动，带动装有货叉的侧移叉左右移动，以使货叉对准或者叉取侧面紧靠障碍物的货物。侧移叉取货物时，能使货叉处于最有利的位置，按照指定地点正确卸放，以减少叉车的倒车次数，提高叉车的作业效率。侧移叉的侧向行程一般为 250mm 左右。

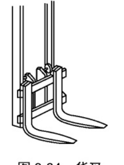


图 3.64　货叉



图 3.65　侧移叉

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3) 夹持器

夹持器是一种以夹持方式搬运货物的属具。搬运装卸比重较小，外形规则(网柱体、立方体、长方体)，不怕挤压的货物常使用这种属具。夹持器形式很多，常用的有移动式夹持器如图 3.66(a)所示和旋转式夹持器如图 3.66(b)所示。旋转式夹持器一般为在平行货叉架的平面内旋转。横向移动式夹持器主要由夹板、导轨副、油缸等部件组成。当油缸举动夹板相向移动时，夹板就对货物产生夹持力，这样依靠货物与夹板的摩擦力就能搬运货物。夹板可以两块同时进行等距离运动，也可以一块固定不动，另一块作左右移动。旋转夹持器是在移动式夹持器结构中增加旋转机构，它由液压马达、蜗轮副、回转齿轮副等组成。



(a) 移动式



(b) 旋转式

图 3.66　夹持器

4) 悬臂吊

叉车上使用的臂吊的结构形式很多，常见的为单臂式，吊钩可根据需要在臂上移动以调节卸载距离。但是为了保证叉车的纵向稳定性，使用时必须根据制造厂提供的载荷特性曲线，使吊运货重不超过吊钩所在位置的额定起重量。

5) 串杆

串杆主要用来装卸环状货物，如钢丝卷、空心的筒状货物等，图 3.67 所示即为装有串杆的叉车。

6) 推出器

推出器是可以将货物从货叉上推出的属具，如图 3.68 所示。推出器有液压作用式和重力作用式两种。液压推出器的推出动作由多路换向阀控制。



图 3.67 串杆



图 3.68 推出器

北京大学出版社版权所有 禁止转载



案例 3-3



【行业实践】

我国叉车行业发展综述

1. 我国叉车行业历史和现状

我国叉车工业起步于 20 世纪 50 年代末，从 70 年代后期到 80 年代中期，从引进国外先进技术入手，分析研发自主产品。如北京叉车总厂引进日本三菱 1～5t 内燃平衡重叉车技术，大连叉车总厂引进日本三菱 10～40t 内燃平衡重叉车和集装箱叉车技术，天津叉车总厂引进保加利亚巴尔干车辆公司 1.25～6.3t 内燃叉车技术，杭州叉车总厂引进西德 O&K 公司静压传动叉车、越野叉车和电动叉车技术，合肥叉车总厂、宝鸡叉车公司引进日本 TCM 株式会社 1～10t 叉车技术，湖南叉车公司引进英国普勒班机械公司内燃防爆装置技术；自 90 年代开始，在消化吸收引进技术的基础上积极对产品进行更新和系列化。电动叉车因受基础技术落后的制约，整体水平与世界先进水平差距很大，每年仍需进口叉车产品。

目前全球约有 250 多家叉车生产企业，年产量保持在 50 万台左右。由于竞争的加剧，同 20 世纪 80 年代比，世界叉车工业出现了销售额增长而利润减少的反常现象。一方面，为了降低成本，叉车巨头纷纷在发展中国家建厂。例如，在中国建厂的有厦门林德、安徽 TCM、北京汉拿、湖南德士达、烟台大宇重工、上海海斯特等。这些公司把国外 20 世纪 90 年代中期的产品和技术带到国内，促进了我国叉车技术的快速发展，同时对国内市场也造成了很大的冲击。另一方面，随着市场经济的发展，物流技术在经济发展中的地位与作用越来越明显，叉车普及率越来越高，已从过去单一的港口码头进入国民经济的各行各业。

随着人们对环境污染危害的深刻认识，环保已成为世界共同关注的焦点，因此，环保型叉车将成为市场主流；其次，自动仓储系统、大型超市的纷纷建立，刺激了对室内搬运机械需求的增长，高性能电动叉车、前移式叉车、窄巷道叉车等各类仓储机械迅速发展是未来叉车市场的又一特征；另外，全球经济一体化必将带来全球工业的国际化，使得各国间及国内贸易大幅上升。有资料表明全世界集装箱吞吐量每年以 30%左右的速度递增。贸易的增加将推动现代集装箱搬运与堆垛设备的高速发展。

2. 现代叉车技术发展趋势

1) 产品的系列化与多样化

根据美国工业车辆协会的分类法，叉车分(1、2、3、4、5、6 和 7)7 大类，分别为电动乘驾

式叉车、电动窄巷道叉车、电动托盘搬运车、内燃平衡重式实心胎叉车、内燃平衡重式充气胎叉车、电动与内燃乘驾式叉车和越野叉车。1999 年 7 月，美国《现代物料搬运》杂志评出世界 20 强叉车公司，其中排在前 10 位的公司(产品种类)是：Linde(1、2、3、4、5 和 6)Toyota(1、2、3、4、5 和 6)，Nacco/MHG(1、2、3、4 和 5)，Jungheinrich(1、2、3、4 和 5)，BT Ⅰndustries(1、2、3、4 和 5)，Mitsubshi / Caterpillar(1、2、3、4 和 5)，Crown(1、2、3)，Komatsu(1、2、3、4 和 5)，Nissan(1、2、3、4 和 5)，TCM(1、4 和 5)。另外，产品品种和系列也非常齐全，如德国 Linde 公司有柴油、液化石油气、电动平衡重叉车、前移式叉车、堆垛车、拣选车、侧面式叉车、电动牵引车等近 110 种；而我国最大的叉车制造企业安徽叉车集团生产 1～16t 15 个级别 80 种机型 400 多个品种的叉车。各叉车公司皆以产品种类、系列的多样化去充分适应不同用户、不同工作对象和不同工作环境的需要，并不断推出新结构、新车型，以多品种小批量满足用户的个性化要求。

2) 绿色化推动叉车动力技术的发展

叉车分内燃叉车和电动叉车。内燃叉车以发动机为动力，功率强劲，使用范围广，缺点是排气和噪声污染环境，损害人类健康。环保要求推动了动力技术的更新：TCM 于 20 世纪 70 年代更新了 3.5t 柴油叉车，将预热燃烧室改为直喷式，省油 17%～20%；80 年代初 Perkins 发动机推出扁唇式燃烧系柴油机，省油 7%～8%；80 年代中期德国 Deute 公司开发出 F913G 型叉车专用柴油机，省油 60%，降噪 6dB，而瑞典推出柴油机蓄电池混合动力叉车；90 年代液化石油气(LPG)叉车、压缩天然气(CNG)叉车、丙烷叉车等低公害叉车面市，且发展势头强劲，电动叉车具有能量转换效率高、无废气排放、噪声小等突出优点，是室内物料搬运的首选工具，但其受蓄电池容量限制，功率小，作业时间短。

3. 发展趋势

我国叉车能否逐鹿国际市场，并在与世界强手的竞争中立于不败之地，将依赖于叉车整体技术水平的提高，特别是电动叉车技术的飞速发展。

1) 从供给侧着手，提高产品技术性能

电动叉车将成为未来的主要产品。从近期看电动叉车是柴油叉车的互补性产品，而从中长期来看车间空气质量和噪声的严格控制、企业内部的多频次小批量搬运需求，都会促成电动叉车在中小吨位上大面积替代柴油叉车。电动叉车在欧美日普及化应用之后，随着自己的跨国公司客户一同进入中国，培育并初步壮大了国内的高端市场。国内电动叉车品牌，有三类。一类是油车品牌的延伸，在现有的油车渠道顺带销售和售后；另一类是手动叉车的升级，从半电动过渡到全电动，顺应客户对高效仓储物流的新需求；还有一类就是新入行者，以全新的设计理念、技术研发、差异化营销战略，把电动叉车从配角扶正为主角。其中，仓储电动叉车的专业型品牌，占据主导地位。电动叉车的技术加快了国内仓储自动化的步伐。

目前国内外均在不断改进铅酸蓄电池技术，通过提高材料纯度等使其在复充电次数、容量和电效率方面有了很大提高。由于技术的进步，电动叉车现已突破只能用于小吨位作业的局限性；同时电动汽车的动力、传动、控制、安全等技术在叉车上的应用，将会使电动叉车整机性能有一个质的变化。新型蓄电池技术将在同业的努力下，实现新的突破。

2) 电动叉车将成为仓储物流搬运的主流方式

在劳动力成本节约、搬运效率方面，电动叉车则是手动、半电动叉车的全方位升级版，解决了很多企业的生产效率瓶颈问题。

目前国际电动叉车的产量已占叉车总量的 40%(国内为 10%～15%)，在德国、意大利等一些西欧国家电动叉车比例高达 65%。发动机尾气催化、净化技术的发展将有效降低有害气体和微粒的排放。LPG、CNG 等燃料叉车及混合动力叉车将进一步发展。

3) 服务模式多元化

近期叉车行业传统的服务模式改变为多元化的服务模式。叉车有五种利润来源，分别包括产品销

北京大学出版社版权所有 禁止转载

售、配件销售、维修服务、租赁和二手车交易。在目前的经济形势下传统的服务模式约束了产品的发展。多元化的服务模式，从单一的销售，发展到二手车交易、租赁服务、配件销售、维修服务等业务交叉模式，任何一笔交易都有可能带动多笔业务，利润倍增。同时整车与配件销售、售后维修等结合，进而利用手头的客户资源，带动租赁和二手车业务。

根据本案例所提供的资料，了解国内外主要叉车生产企业的状况。

3.5　其他装卸搬运装备



【参考视频】

除了以上介绍的几类主要的广泛使用的搬运装卸装备外，本节还将介绍另外几种比较普遍使用的装卸搬运装备。

3.5.1　牵引车

牵引车是指具有牵引装置、专门用于牵引载货挂车进行水平搬运的车辆，牵引车主要用于仓库、火车站台与库房之间或从库内到库房门口装卸台之间的物资运输。牵引车没有取物装置和载货平台，不能装卸货物，也不能单独搬运货物。

牵引车作业时，台车的装卸时间与牵引车的运输时间可交叉进行，且可牵引一组台车，从而提高工作效率。

根据不同的标准和分类方法，牵引车可以分为不同的类别，见表3-4。

表3-4　牵引车分类表

分 类 标 准	类　　别
动力提供方式	内燃牵引车、电动牵引车
动力大小	普通牵引车、集装箱牵引车
轮子与地面接触方式	有轨牵引车、无轨牵引车
操作方式	人工驾驶车、无人驾驶车(自动导向)
作业场所	室内牵引车、室外牵引车

内燃牵引车一般采用经济性较好的柴油机进行驱动，只有小型牵引车才采用汽油机进行驱动。内燃牵引车的底盘结构形式与普通汽车类似，主要适用于室外的牵引作业；电动牵引车采用蓄电池和直流电动机进行驱动，主要适用于室内的牵引作业。

普通牵引车可以拖挂平板车，用于装卸区内的水平搬运；集装箱牵引车用于拖挂集装箱挂车，用于长距离搬运集装箱。

室内牵引车(图3.69)操作平台离地较低、实心车轮直径较小，适用于室内平坦地面。室外牵引车(图3.70)为充气轮胎，直径较大，可在室外不平的路面上行驶。

我国牵引车的发展起步较晚，但是发展较快，经历了有轨到无轨，再到自动导向牵引车的过程。随着物流业的发展，特别是自动化立体仓库的发展，牵引运输逐步实现自动化、无人化。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



图 3.69　室内牵引车



图 3.70　室外牵引车

3.5.2　人力搬运车

人力搬运车是一种以人力为主，从事运输的搬运车。随着手动液压、电动液压技术的应用，并与托盘运输相结合，人力搬运车目前已成为车间、仓库、站台、货场等最常见的搬运方式之一。

1. 手推车

手推车是一种以人力为主，在路面上从事水平运输的搬运车。在物流作业过程中，人力车辆的作业也占有一定的比重，尤其在设施外的偶发的物流活动，难以实现机械化作业时常会采用。此外，由于物流活动的复杂性和用户需要的多样性，常会以人力作业来衔接，以补充机械化的工艺流程。图 3.71 是几种常见的手推车。

手推车具有轻巧灵活、易操作、回转半径小、价格低等优点，可广泛应用于车间、仓库、站台、货场等处，是短距离运输轻小货物的一种方便而经济的搬运工具。

手推车的类型较多，形状各异。根据车轮数目不同分类，手推车可分为独轮车、双轮车、三轮车、4 轮车等；根据手柄不同分类，手推车可分为单手柄、双手柄、带挡板手柄、固定手柄式和折叠手柄式；根据层数不同分类，手推车可分为单层、双层、3 层等；根据车底部不同分类，手推车可分为平底式和骨架底式。



(a) 单层　　(b) 双层　　(c) 三层

图 3.71　手推车的类型

2. 手动液压升降平台车

手动液压升降平台车(图 3.72)是采用手压或脚踏为动力，通过液压驱动使载重平台做升降运动的手动平台车。可调整货物作业时的高度差，减轻操作人员的劳动强度。

为了装载和卸货的安全方便，手动液压升降平台车有安全轮保护的牢固的小脚轮和位于两个旋转脚轮之间的制动器。

北京大学出版社版权所有 禁止转载





图 3.72　手动液压升降平台车

3. 手拉液压托盘搬运车

手拉液压托盘搬运车(图 3.73)是一种轻小型搬运装备，是物料搬运中不可缺少的辅助工具，它有两个货叉似的插腿，可插入托盘底部，插腿的前端有两个小直径的行走轮，用来支撑托盘货的重量。货叉可以通过手泵油缸抬起，使托盘或货箱离开地面，然后用手拉或电动驱动使之行走。手拉液压托盘搬运车由舵柄、架体与机身、液压起升系统、车轮及承载滚轮组成。



图 3.73　手拉液压托盘搬运车

4. 手推液压堆高车

手推液压堆高车是利用人力推拉运行的简易式叉车。根据起升机构不同分类，手推液压堆高车分为手摇机械式、手动液压式和电动液压式 3 种，适用于工厂车间及仓库内对效率要求不高，但需要有一定装卸高度的场合。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

本 章 小 结

装卸搬运是改变了物资的存放状态和空间位置的一项重要活动，将物流活动的各个阶段连接起来，成为连续的流动过程。生产企业物流中，装卸搬运是各生产工序之间的纽带；流通企业物流中，装卸搬运也是生产企业、仓储、消费者等环节的纽带。

起重装备是一种循环、间歇运动的机械，主要用于垂直升降货物，起重装备是实现物流作业机械化和自动化，改善物料搬运条件，减轻劳动强度，提高生产率必不可少的重要机械装备，在港口、仓库、车站、工厂、建筑工地等领域得到广泛的运用。输送机是以连续方式沿着一定的线路均匀输送货物的搬运设备，由于输送机能连续搬运大量货物，并且搬运成本低，搬运时间准确，在自动化立体仓库、物流配送中心、大型货场等场所得到广泛应用。叉车是物流领域装卸搬运设备中应用最广泛的一种设备，叉车除了使用货叉以外，通过配备其他取物装置后，能对散货和多种规格品种货物进行装卸作业。在物流作业过程中，人力车辆的作业也占有一定的比重，在难以实现机械化作业的场所，手推车是机械化作业的补充。先进装卸搬运装备的广泛应用，必然促使我国的物流事业进一步蓬勃发展。



关键术语

装卸搬运装备(Handling Equipment)　　起重机(Crane)
输送机(Conveyor)　　叉车(Forklift)
牵引装备(Traction Equipment)

习　　题

1. 填空题

(1) 装卸搬运是指在物流过程中对货物进行________、________、________、________、________等作业。

(2) 按主要用途或结构特征不同分类，装卸搬运装备可分为________、________、________、________。

(3) 起重机的种类较多，按功能和结构特点不同可分为________、________、________、________。

(4) 各种类型的起重机通常由________、________、________与________4 部分组成。

(5) 带式输送机的结构特征和工作原理是：________________________________。

(6) 叉车按动力装置不同，可分为________和________。按照结构和用途不同，可分为________、________、________、________、________、________、________、________、________。

2. 简答题

(1) 什么是装卸搬运？装卸搬运的主要有哪些方法？

(2) 简述起重装备的类型、特点及应用场合。

(3) 如何选用门式、桥式起重机？其主要的性能参数有哪些？

(4) 汽车起重机和轮胎起重机的主要区别是什么？

(5) 如何对输送机分类，每种输送机的应用场合及特点是什么？

(6) 普通带式输送机的总体结构由哪几部分组成？各组成部分的基本作用是什么？

(7) 叉车由哪几部分组成，各部分的作用是什么？

(8) CPQ1、CPC3B 型叉车的字母和数字各代表什么意思?

(9) 如何合理选用叉车？

北京大学出版社版权所有 禁止转载

第4章　仓储技术装备

【教学目标】

- 了解仓储技术装备的分类、特点
- 掌握货架的作用与分类
- 掌握托盘的分类和其标准化相关知识
- 明确仓储设备选用的步骤和方法

北京大学出版社版权所有
禁止转载



连云港外贸冷库

连云港外贸冷库于 1973 年由外经贸部投资兴建，是我国外贸系统的大型冷藏库之一，由 12 000t 的低温库(−18℃)和 5 000t 的保鲜库(0℃)组成，配备双回路电源。另有 3 000m^2 的普通仓库、100t 运力的冷藏车队、年加工能力为 1 500t 的冷冻品加工厂。其经营范围为物资储存、商品储存、加工；食用油及制品、副食品、饲料、建筑材料、金属材料的销售、代购、代销、公路运输服务等。

冷库所处区位优越，在连云港港区内，门前公路东接港口，西接宁连、徐连、汾灌高速公路，距离连云港民航机场只有 50km，库内有铁路专用线与亚欧大陆桥东桥头堡相连，毗邻公路、铁路客运站，交通十分便捷。

设备完善的主库和从日本引进的组装式冷库构成了一流的冷冻冷藏条件，保鲜库为国内外客户储存苹果、蒜头、洋葱等果品、蔬菜类保鲜食品。冷冻品加工厂设备完善，质保体系严格，采用恒温避光作业，拥有蔬菜、水产品两条加工生产线，可常年同时加工鲜、冻农副产品及水产品，其附属仓库在存放商品方面条件优越。

思考题：

1. 该仓储系统有哪些优越性？
2. 结合案例谈一下在仓库的选址和设计中应注意哪些方面？

北京大学出版社版权所有 禁止转载

仓储是物流的基础，是发展现代物流的基地，也是发展现代物流的硬件，仓储活动在物流领域中起着“物流支柱”的作用，它的基本功能包括物资的保管、调节物资的供需、调节物资的运输、实现物资的配送和节约物资。仓储活动离不开储存设备的支持，储存设备选择得是否合理，直接影响仓库的作业效率。

4.1 概　　述

仓储和保管是物流的主要功能要素之一，是第三利润源的重要源泉之一，其类型按照保管的目的不同可分为具有发货、配送和流通加工功能的配送中心(流通中心)型仓储和以储存为目的的存储中心。按照建筑形态不同可分为平房型仓储、楼库型仓储、地下仓储或库洞型仓储、高货架立体仓储。按照存储的方式可分为手工作业式仓储、机械作业式仓储和自动化仓储系统。随着现代经济和物流技术的发展，自动化仓储系统得到了迅速的开发和广泛的使用。

4.1.1 仓储及其作用

物流中的“仓储”是一个非常广泛的概念，物流学要研究的就是包括储备、库存在内的广义的仓储概念。与运输的概念相对应，仓储是以改变“物”的时间状态为目的的活动，从克服产需之间的时间差异中获得更好的效用。

仓储的作用也是很明显的，主要表现在以下几个方面。

1. 仓储是物流的主要功能要素之一

在物流中，运输承担了改变“物”的空间状态的重任，物流的另一项重任，即改变“物”的时间状态是由仓储来承担的。所以，在物流系统中，运输和仓储是并列的两大主要功能要素，被称作物流的两根支柱。

2. 仓储是社会物质生产的必要条件之一

仓储作为社会再生产各环节之中，以及社会再生产各环节之间的“物”的停滞，构成了上一步活动和下一步活动的必要条件。仓储作为社会物质生产是多种多样的，从生产和消费的连续性来看，各种产品都有不同的特点。

有的产品是均衡进行的，而消费却是不均衡的，例如，生活资料中的啤酒、清凉饮料就是一年四季连续不间断地生产，而消费的高峰却集中在夏季；生产资料中的某些建筑材料也有类似的特点。有一些产品生产是不均衡的，而消费却是均衡不断地进行，最典型的产品是粮食。在生产资料中，木材也有类似的特点。当然，还有不少产品生产和消费都不均衡(如冬存夏用的冰)，也有不少产品生产和消费都是均衡连续的。

现代生产强调生产和消费要均衡协调，以获得较好效果。这一目标在汽车制造业、电气工业、机械加工工业中已经广泛地实现，出现所谓“传送带式生产”“无库存的滚动式生产”等生产方式。

但是，生产的复杂性决定了在经济领域中不可能全面实现这一目标。生产和消费在时间上的不均衡、不同步的现象是客观存在的，因此，就需要进行调整，即生产的产品要经过一定时间的仓储保管才能和消费相协调。此外，出于备战、备荒的要求，出于合理使用资源、防止产品一时过剩造成浪费的要求，出于延迟一段时间出售产品而获取较优价格的要求，都需要对生产的产品进行一定时间的仓储。仓储的这种作用称作“蓄水池”作用和“调节阀”作用。

3. 仓储可以创造“时间效用”

时间效用的含义是，同种“物”由于时间状态不同，其使用价值的实现限度发挥到最佳水平，最大限度地提高了产出投入比，就称为“时间效用”。通过仓储，使“物”在效用最高的时间发挥作用，就能充分发挥“物”的潜力，实现时间上的优化配置。从这个意义来讲，也相当于通过仓储提高了物的使用价值。

4. 仓储是“第三个利润源”的重要源泉之一

“第三个利润源”中，仓储是主要部分之一。仓储作为一种停滞，时时有冲减利润的趋势，在“存”的过程中使用价值降低，各种仓储成本支出又必然起冲减利润的负面作用。

利润主要有以下几个方面。

(1) 有了库存保证，就可免除加班赶工，省去了增大成本的加班赶工费。

(2) 有了仓储保证，就无须紧急采购，不会导致加重成本，使该赚的利润少赚。

(3) 有了仓储保证，就能在有利时机进行销售，或在有利时机进行购进，这当然增加了销售利润，或减少了购入成本。

(4) 仓储是大量占用资金的一个环节，仓库建设、维护保养、进库出库等又要耗费大量人力、财力、物力，此外仓储过程中各种损失，也是很大的消费。因而，仓储中节约的

北京大学出版社版权所有 禁止转载

潜力也是巨大的。通过仓储的合理化，通过减少仓储时间，降低仓储投入，加速资金周转，走降低成本路子来增加利润。



仓储的逆作用

物流系统中，仓储作为一种必要活动，由其特点决定，也经常有冲减物流系统效益、恶化物流系统运行的趋势。所以甚至有人明确提出，仓储中的“库存”是企业的癌症，这主要由于仓储的代价太高所致：①库存会引起仓库建设、仓库管理、仓库工作人员工资、福利等费用开支增高；②仓储货物占用资金所付之利息，以及这部分资金如果用于另外项目的机会损失都是很大的；③陈旧损坏与跌价损失，货物在库存期间可能发生物理、化学、生物、机械等损失，严重者会失去全部价值及使用价值。随着仓储时间的增加，存货无时无刻不在发生陈旧，一旦错过有利的销售期，又不可避免出现跌价损失。④保险费支出，近年来为了分担风险，我国已开始对储存物采取投保缴纳保险费方法，保险费支出在有些国家、地区已达到很高的比例；⑤进货、验货、保管、发货、搬运等工作所花费的费用等。

上述各项费用支出都是降低企业效益的因素，再加上在企业全部运营中，仓储占用达到 40%～70%的比例，在非常时期，有的企业库存竟然占用了全部流动资金，使企业无法正常运转。所以有些经济学家和企业家将其看成是“洪水猛兽”，当然也就不足为怪了。

4.1.2 仓储技术装备的分类、特点及发展趋势

仓库在物流系统中扮演着极为重要的角色，仓库的最基本功能是储存和保管物资。为了满足市场少批量多样化需求，仓库还担负着流通加工、拣选、配送和信息服务等功能。它的基本活动包括储存、保养、维护和管理。仓储活动离不开仓储技术装备的支持。仓储技术装备是仓库进行生产和辅助生产作业以及保证安全作业所必需的各种机械设备和设施的总称。

1. 仓储技术装备的分类

按照功能的不同分类，仓储技术装备可分为储存设备(货架)、物料搬运设备、分拣设备、计量设备、商品保养设备、维修设备、安全设备等。

按照作业方式的不同分类，仓储技术装备可分为搬运机械设备(叉车和输送机等)、起重吊装机械设备(桥式起重机和龙门起重机等)、存取设备(巷道堆垛起重机和装卸堆垛机器人等)。

按照使用范围的不同分类，仓储技术装备可分为专用机械设备和通用机械设备。

按照作业形式的不同分类，仓储技术装备可分为固定式机械设备和流动式机械设备。

2. 仓储技术装备的特点

仓储技术装备是在特定环境中完成特定的物流作业功能，它们在结构外形和功能上差异很大的同时，又存在一些共性。

(1) 仓储技术装备一般在物流据点内工作，其作业场所固定，工作范围相对较小，运行路线比较固定。

(2) 对安全性、节能性、环保性和经济性的要求高。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

(3) 机械化、自动化程度高。
(4) 专业化、标准化程度高。

3. 仓储设备的发展趋势

现代仓储机械设备是仓库运作的必要条件，它不仅直接影响企业为物流需求者提供的物流量、物流服务质量以及作业效率，而且影响现代物流企业的物流成本、物流速度、安全生产以及物流作业的生产秩序。设备的好坏，对现代物流企业的生存和发展都有重大影响。因此，把握仓储机械设备的发展趋势，对正确、合理配置和运用仓储机械设备有重大意义。

4.2 仓　　库

自从人类社会生产有剩余产品以来，就产生了储存活动，也就有了仓库。早在原始社会末期，就出现了专门储存产品的场所和条件，考古发现在半坡村的仰韶遗址，有许多储存食物的用具的窑穴，它们多密集在居住区，和房屋交错在一起，这称得上为我国仓库的雏形，随着社会生产水平的提高和社会化生产方式的出现，产品空前丰富，出现了大量为商品流通服务的仓库。《中国通史》上记载的“邸店”可以说是商业仓库的最初形式，其后，我国仓库经历了“塌房”“堆栈”的变迁，新中国成立后对仓库进行的国有化改造大大加快了仓库建筑、设施设备的发展，为仓储业的现代化奠定了基础。特别是 20 世纪 60 年代以来，随着世界经济发展和现代科学技术的突飞猛进，仓库的性质发生发根本性变化，从单纯地进行储存保管货物的静态储存发展为多功能的动态储存新领域，成为生产、流通的枢纽和服务中心，特别是大型自动化立体仓库的出现，使仓储技术又上了一个新台阶。

4.2.1　仓库的概念和功能

1. 仓库的概念

仓库是保管、储存物品的建筑物和场所的总称，是仓储环节最主要的设施。

2. 仓库的功能

在现代物流系统中，仓库的功能已不是单纯地保管存储，它已成为生产和消费领域中物资集散的中心环节，是物流系统的调运中心。通过采用先进的仓库管理手段与技术，可以有效处理物流的静与动，解决生产与消费之间的不一致性，使物流系统更顺畅、更合理地运行。

一般来说，仓库应具有以下功能。

1) 储存和保管功能

这是仓库最基本的传统功能，因此，仓库应具有的空间用于容纳物品。库容是仓库的基本参数之一。保管过程中应尽量保有商品的价值，保证商品不丢失、不损坏、不变质。要有完善的保管制度和安全措施，合理使用搬运机具，有正确的操作方法，在搬运和堆放时不能碰坏或压坏货物。

应根据所储存货物的特性选择合适的仓储条件，仓库里应配有相应的实施设备，以保

北京大学出版社版权所有 禁止转载

持储存物品的完好性。易腐烂变质的物品和鲜果、鲜肉类需要对温度进行严密控制，可放入冷藏仓库及冷冻仓库；储存精密仪器的仓库应防潮防尘、保持温度恒定，需要空气调节及恒温设备；一些储存挥发性溶剂的仓库必须有通风设备，以防止空气中挥发性物质含量过高而引起爆炸。

2) 调节供需的功能

随着经济的全球化，产品的生产和消费逐渐全球化，因此生产某种商品的各零部件及成品的生产者相距越来越远，生产者与消费者在商品生产与消费地理上、时间上存在不一致性，生产方式与消费方式上也存在差异，这些供需的不平衡就需要仓储的储存作为平衡环节加以调控，使生产和消费协调起来，这也体现出物流系统创造物资时间效用的基本职能。

3) 调节货物运输能力的功能

各种运输工具的运量相差很大，船舶的运量大，海运船一般是万吨以上，内河船也以百吨或千吨计。火车的运量较小，每节车皮能装 30～60t，一列火车的运量多达数千吨。汽车的运量最小，一般每车只有 4～10t。在码头和车站进行不同运输方式的转运时，运输能力是很不匹配的，这种运力的差异必须通过仓库或货场将货物短时存放以进行调节和衔接。

4) 配送和流通加工的功能

现代仓库的发展趋势是从保管储存为主要任务向流通性仓库的方向发展，仓库成为流通、销售、零部件供应的中心，其中一部分在所属物流系统中起着货物供应的组织协调作用，被称为物流中心。该类仓库不仅具备储存保管货物的设施，而且增加了分拣、配送、捆包、流通加工、信息处理等设施，这样既扩大了仓库的经营范围、提高了物资的综合利用率，又促进了物流合理化、方便了消费者、提高了服务质量。现代物流中心更重视仓库的流通功能，功能划分更细，如出现集货中心、分货中心、配送中心、加工中心、转运中心、配载中心、储调中心等。我国目前的保管型仓库还是占大多数，而具备物流中心作用的仓库还较少，但随着国民经济的发展和物流系统总体水平的提高，仓储业的现代化指日可待。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.2.2 仓库的分类

仓库的种类很多，由于各种仓库的所有权不同，在物流中担当的功能有差别，而且被储存规格繁多、性能差异大，因而仓库的分类标准也是多种多样的。

1. 按所有权不同分类

(1) 自有仓库。自有仓库是生产或流通企业为了本企业经营的需要投资兴建的仓库，完全用于储存本企业的原材料、燃料、产成品等货物。建立自有型仓库的最大优点是企业拥有仓库的所有权和控制权，可以自由安排物流活动，物流保障度高且使用方便。但投入大量资金，另外对企业的仓库管理水平要求较高。一旦决策不当，可能造成人力和财物方面的浪费，仓库的专业化程度一般也不高。

(2) 营业仓库。营业仓库是某些企业专门为了经营储运业务而修建的仓库。该类仓库一般因拥有专业管理人员而管理水平较高。企业利用营业仓库可以在享受高效服务的同时节省大量的建设资金，但是企业仓库的控制能力有限。

(3) 公用仓库。公用仓库是由国家或一个主管部门修建的为社会服务的仓库，如机场、港口、铁路的货场、库房等仓库。

(4) 出口监管仓库。出口监管仓库是经海关批准，在海关监管下，存放已按规定领取了出口货物许可证或批件，已对外买断结汇并向海关办完全部出口海关手续的货物的专用仓库。

2. 按功能不同分类

(1) 流通型仓库。主要用于商品的保管、分类、中转、配送的仓库属流通型仓库。如集货中心、中转中心、配送中心等。该类仓库以商品的流通中转和配送为主要功能，机械化程序比较高，周转快，保管时间短，功能齐全。

(2) 储存型仓库。该类仓库以物资的长期保管或储备为目的，货物在库时间长，周转速度慢。除了战略储备外，也可为常年出国工作的高薪阶层存放高档家具、字画等贵重物品；为企事业单位存放重要档案、机密文件等。

3. 按商品的种类不同分类

(1) 原料、产品仓库。生产企业用来储存备用或待用的原材料、燃料，以及待销售的成品、半成品的仓库。

(2) 危险品仓库。用来专门储存油料、炸药、烟花爆竹、化学药品、天然气等易燃、易爆物资的仓库。为了防止意外，一般都将危险品仓库设在远离人群的偏僻地带。

(3) 冷藏仓库。储存肉类、海产品等保鲜的食品。

(4) 恒温仓库。储存罐头、食品、水果、蔬菜、鲜花等物品的仓库为恒温仓库。在寒冷酷热的地区和季节，类似上述的物品需要在恒温状态下保管。

(5) 储备仓库。用于粮食、棉花、武器弹药等战略物资的储备，以防止自然灾害和突发事件。该类仓库一般由国家设置，货物在这类仓库中储存的时间较长，并且为保证储存物资的质量需定期更新储存的物资。

(6) 水面仓库。指利用货物的特性及宽阔的水面来保存货物的仓库。例如，在水中储存原木、竹排等。

(7) 保税仓库。指存放保税物资的仓库。为满足国际贸易的需要，设置在一国国土之上，但在海关关境以外的仓库。外国货物可以免税进出这些仓库而不需办理海关申报手续。并且，经批准后，可在保税仓库内对货物进行加工、存储、包装和整理等业务。对于在划定的一定区域内的货物保税，则称为保税区。

4. 按建筑结构不同分类

(1) 平房仓库。平房仓库一般只有一层建筑，不设楼梯，有效高度不超过6m，构造简单，全部仓储作业都在一个层面上进行，货物在库内装卸和搬运方便，各种设备(如通风、供水、供电)的安装和维护比较方便，而且仓库地面能承受较重货物的堆放。

(2) 楼房仓库。指二层以上建筑的仓库。上、下楼的货物运送依靠垂直输送设备(如电梯可倾斜皮带输送机等)。有的楼房仓库，卡车可以直接开到楼上。楼房仓库比平房仓库占地占地面积少，在土地价格昂贵的国家数量比较多。而且，楼房仓库可适用于各种不同的使用要求，如办公室与库房可分别使用不同的楼面；分层的仓库结构将库区自然分开，有

北京大学出版社版权所有 禁止转载

助于仓库的安全和防火等。

(3) 高层货架仓库。又称立体仓库，实质上是一种特殊的单层仓库。它利用高层货架堆放货物，高度一般不超过 30m，与之配套的是在库内采用自动化、机械化的搬运设备，由计算机控制。全自动化立体仓库主要有整体式和分离式两种。整体式立体仓库货架兼做外围墙支撑物，建筑物与货架整合一体；分离式立体仓库货架与外围墙分开，相互独立。

(4) 罐式仓库。罐式仓库的构造特殊，成球形或柱形，主要是用来储存石油、天然气和液体化工品等。

(5) 简易仓库。简易仓库的构造简单，造价低廉，一般是在仓库不足而又不能及时建库的情况下采用的临时代用办法，包括一些固定或活动的简易货棚等。

4.2.3 仓库的结构

仓库的结构对实现仓库的功能起着很重要的作用。仓库的结构设计应考虑以下几个方面。

1. 平房建筑和多层建筑

仓库的结构，从出、入库作业的合理化方面看，尽可能采用平房建筑，这样，储存产品就不必上下移动。但为了充分利用土地，许多仓库采用多层建筑。在采用多层仓库时，要特别重视对货物上下楼的通道建设。如果是流通仓库，则采用二层立交斜路方式，车辆可直接行驶到二层仓库，二层作为收货、验货、保管的场所，而一层则可以作为理货、配货、保管的场地来使用。

2. 库房出、入口和通道

可通行载货汽车的库房出、入口，要求宽度和高度的最低限度必须达到 4m(米)。可通行铲车的出、入口，宽度和高度必须达到 2.5～3.5m。通常库房出、入口采用卷帘或铁门。库房内的通道是保证库内作业顺畅的基本条件，通道应延伸至每一个货位，使每一个货位可以直接进行作业，通道需要道路平整和平直，减少转变和交叉。作为大型卡车入库的通道宽度应大于 3m，叉车作业通道宽度应达到 2m。

3. 立柱间隔

库房内的立柱是出、入库作业的障碍，会导致保管效率低下，因而立柱应尽可能减少。一般仓库的立柱间隔，因考虑出、入库作业的效率，以汽车或托盘的尺寸为基准，通常以 7m 的间隔比较适宜，它适合 2 台大型货车(宽度 2.5m×2)或 3 台小型载货车(宽度 1.7m×3)的作业。采用托盘存货或作业的，因托盘各类规格不同，以适合放标准托盘 6 个为间隔，如采用标准托盘时，间隔略大于 7.2m(1.2m×6)平房建筑的仓库，拓宽立柱间隔较为容易，可以实现较大的立柱间隔。而钢骨架建筑的仓库可不要立柱。

4. 天花板的高度

机械化、自动化的仓库对仓库天花板的高度也提出了很高的要求，即使用叉车的时候，标准提升高度是 3m，使用多段式高门架的时候要达到 6m。另外，从托盘装载货物的高度看，包括托盘的厚度在内，密度大且不稳定的货物通常以 1.2m 为标准，密度小而稳定的货物通常以 1.6m 为标准。以其层数来看，1.2m×4=4.8m，1.6m×3=4.8m，因此，仓库天花板

北京大学出版社版权所有 禁止转载

高度最低应该为 5～6m。

另外，有的仓库内部设置夹层楼板，也叫临时架，是在地板与楼板之间另加一层楼，能成倍地利用保管的空间，并能够有效地利用仓库梁下的空间。

5. 地面

地面的承载力应根据承载货物的各类或堆码高度来确定。通常，普通仓库的地面承载力为 3t/m^2，流通仓库的地面承载力则必须保证重型叉车作业的足够受力。地面的形式有低地面和高地面两种。为了防止雨水注入仓库，低地面式的地面比基础地面高出 20～30cm，而且由于叉车的结构特点，出、入口是较平衡的坡度；高地面式的高度要与出、入库车厢的高度相符合。通常，大型载货车(5 吨以上)为 1.2～1.3m，小型载货汽车(3.5t 以下)为 0.7～1.0m，铁路货车站台为 1.6m。

一般情况下，在经营原材料和半成品的仓库，因为载重汽车直接出、入库的频率较高，所以低地面较为有利。而流通型仓库，因为在库内分货、配货，并根据商品的不同，采取不同的存放方式，有些就陈列在柜台。因此，高出地面的台式较为合适。

4.2.4 仓库管理技术

在仓储管理活动中，信息化技术的应用越来越广泛、深入。想要高效地管理仓储作业，就必须了解现代的仓储技术。

1. 条码技术

条码技术是实现计算机管理和电子数据交换时必不可少的前端采集技术，主要包括条码的编码、标识的设计、快速识别技术和计算机管理技术。条码技术是实现 POS(销售时点信息)系统、EDI(电子数据交换)、电子商务、供应链管理的技术基础，是仓储管理现代化的重要技术手段。

1) 条码的组成

条码是将宽度不等的多个黑条和空白，按照一定的编码规则排列，用以表达一组信息的图形标识符。常见的条码是由反射率相差很大的黑条和白条平行排成的图案。条码可以标示出物料生产地、制造厂家、物料名称、生产日期、分类号等信息，因而在物料流通领域中得到了广泛的应用。

2) 条形码的编码规则

条形码作为一种识别工具，其编码时需要遵循以下原则。

(1) 唯一性：同一规格同一种类的物料对应同一个产品代码。物料的性质，如质量、包装、规格、气味、颜色、形状等不同，则会被赋予不同的物料代码。

(2) 永久性：物料代码一经分配，则不再更改，并且是终身的。即便该种物料不再用于生产时，其对应的物料代码也不得再行分配给其他物料类别使用。

(3) 无含义：为了保证代码有足够的容量以适应物料更新换代的需要，最好采用无含义的顺序码。

3) 条码技术的优点

条码是迄今为止最为经济、实用的一种自动识别技术，其优点见表 4-1。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

表 4-1　条码技术的优点

优　　点	说　　明
输入速度快	与键盘输入相比，条码输入的速度是键盘输入的几倍，并且能够实现“即时数据输入”
采集信息量大	条码可以标示出物料的产地、制造厂家、名称、生产日期、分类号、所经过的生产环节、相关负责人等一切与物料相关的信息
可靠性高	键盘输入数据出错率为三百分之一(统计规律)，利用光学字符识别技术出错率为万分之一，而条码技术误码率低于百万分之一
灵活实用	条码标识既可以作为一种识别手段单独使用，也可以和有关识别设备组成一个系统实现自动化识别，还可以和其他控制设备连接起来实现自动化管理
	条码标签易于制作，对设备和材料没有特殊要求，识别设备操作容易，不需要特殊培训，且设备也相对便宜

4) 条码技术在存储管理中的应用

杂乱无序的物料仓库作业和复杂的生产备料及采购计划，会严重影响仓储管理水平，增加仓储管理的成本。条形码技术将为解决这些问题发挥很大的作用。

(1) 条码技术在存储作业管理中的应用。借助条码技术，可以对仓库中每一种物料、每一个储位做出标识，既便于定期对物料进行盘查，又可以最大限度地减少手工录入工作，有效降低错误率。

(2) 条码技术在装卸搬运管理中的应用。装卸搬运是仓储管理中的一个重要环节。由于物料种类很多，信息量大，而且包装规格差异较大，这使得标识制作工作的难度较大。条码技术正好规避了以上难点，解决了这个问题。

(3) 条码技术在配送中心管理中的应用。在配送中心，条码技术的应用无处不在。例如，在制成品进入配送中心时可应用条码技术进行信息采集，完成对制成品的筛选；根据配送要求，对制成品进行重新包装、分拣时，需要再次用到条码。

(4) 条码技术在存储管理中的应用范围较广，是一种常用的、高效的物料识别方法。通过进行物料编码和条码标签，不仅便于物料跟踪管理，杜绝因物料无序而导致的损失和混乱，也有助于做好物料库存准备，提高生产效率。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. *声控技术*

声控技术是随着计算机的广泛应用而出现的。所谓“声控技术”就是利用声学与电子学原理，即声音传感器，将声音信号转换成电信号，再推动触发器工作的技术。目前，声控技术已在存储中起到了很好的应用效果。

声控技术在开关领域的应用声控技术在开关领域最常见的应用就是声控开关，用声音就可以打开门窗、电灯、电视机等。在仓库中声控开关应用最多之处应该是照明工具。以声控灯为例，声控灯是一种声控电子照明装置，它提供了一种操作简便、灵活、抗干扰能力强、控制灵敏的声控开关方式。人们只需发出约 1s 的控制信号“嘶”声，即可方便、及时地打开和关闭声控照明装置，并可以自动延时关闭。在仓库里采用声控灯的优点是，不仅节约了电能资源，而且使用起来较为方便，不必在黑暗中或抱有物料脱不开手时再去摸索开关，省时、方便。当然，声控开关的应用也有弊端。由于开关的应用频率比较高，开

关本身的使用寿命会大大降低，同时也会造成一定的噪声污染。在仓库安全系统中使用声音识别技术，会使仓库的安全系数更高。

声控技术在物料挑拣过程开始逐渐被运用起来，包括库存盘点、入库检验、订单挑拣。声控技术在仓储管理系统的运作过程中是将语音识别和语音合成整合起来，使得仓库现场工作人员能和仓储管理系统相联系，形成一种新的沟通界面和作业模式。在语音辨识拣货系统的环境中，理货工作人员发出需要拣货的命令，待自动拣货机接到拣货命令后，即会按照指示进行拣货，待拣货完成后，再通过警示信号指示理货员确认。声控技术实现了存储管理的最大实时性，让存储作业人员的手、眼均能轻松自如地与仓储管理系统进行互动，大大提升了拣货的效率。

声控技术在存储技术中尚属新技术，应用起来方便、灵活，但是这种新技术的使用成本比较高。对于仓库管理来说，要视要求与经济情况而决定是否采取。

3. 计算机技术

在存储管理自动化的环境中，计算机技术的应用是必不可少的，其应用主要集中在以下几个领域。

(1) 数据统计分析。仓储管理人员在对物料相关数据进行收集后，会对相关数据进行分析统计，以便为其他部门(如采购部门)制定决策提供依据；而计算机技术对处理大量数据具有得天独厚的优势，极大地降低了仓储管理人员的工作量，具体表现在以下几个方面。

① 物料进出库单据自动生成。

② 物料分类快速查询。

③ 物料定期统计(数据量较大，必须借助计算机技术来提高效率)。

④ 仓库物料进出动态变化。

⑤ 仓库物料存货发展预测。

(2) 进出库数据采集。借助计算机技术，可以对出入库数据进行实时记录与跟踪。入库数据主要来自收货单证，出库数据则主要来自出库凭据。在采集数据方面，可以与条码技术一并应用。

(3) 库存盘点。采用计算机技术时，可以通过一些关键词(如物料编号、用途方向等)的输入，方便、快捷地完成物料盘点工作。

(4) 储位分配和查找。通过计算机自动下达的储位分配指令，在任何时段都能保持储位合理的分配状态，大大减免了调仓作业的频率。计算机的储位分配流程可以用图 4.1 来表示。

收到入库指令后，经计算机的运作可以很快收集仓库储位信息，从而在最短的时间内指出储位。如今，计算机技术在仓储管理中的应用越来越多，由此也发展出一系列管理软件，其中发展最完善、使用最广的应用系统是物料需求计划(Material Requirements Planning，MRP)。MRP 是用于库存管理信息处理的系统，根据总生产进度计划中规定的最终产品交货日期，规定必须完成各项作业的时间，编制所有较低层次零部件的生产进度计划，进而编制物料需求计划。

可以说，仓储设施、设备与技术给仓储作业提供了极大的帮助，大大降低了仓储管理人员的工作量和工作难度。如果仓储管理人员对这些仓储管理活动中经常接触的设施、设

北京大学出版社版权所有 禁止转载

备与技术十分了解，则会使其管理工作更为得心应手。

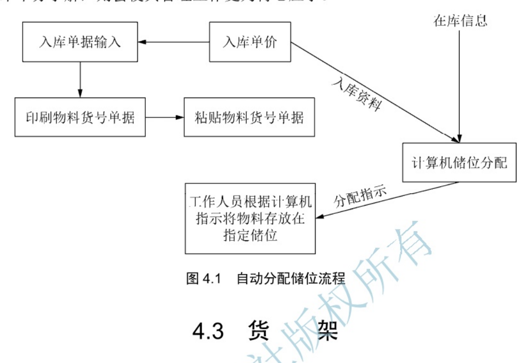
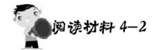


图 4.1　自动分配储位流程

4.3　货　　架



北京大学出版社版权所有 禁止转载

货架行业：快速发展，直面挑战

(上海精星仓储设备工程有限公司总经理/崔雄)

2014 年的中国货架行业如年初预计的那样，随着物流业的蓬勃发展，市场规模持续扩大，行业发展进入了一个快速增长期。

2014 年度回顾

1. 货架市场总体情况分析

2014 年国内货架行业市场整体保持了较快的增长，增幅超过 20%。钢材价格在 2013 年走低的情况下，2014 年再度走低，货架按产量计算的增长率仍要高于按订单额计算的增长率，因此市场实际增长应超过 25%，总体市场规模为 50 亿～60 亿元。自动化立体仓库货架、以电商需求为代表的组合货架和穿梭小车货架成为市场的三大主力军，占据绝对的市场份额。

1) 货架市场的地域分布情况

华东、华北和华南地区依然是市场销售的主战场，在市场规模扩大的情况下，其所占的比例仍有上升的态势，体现“强者恒强”。华中、西南地区得益于“中部崛起”“一带一路”等国家战略的实施，需求有较大幅度增长，是市场的板块新亮点。而东北、西北市场仍无明显增长迹象。在海外市场方面，单纯的货架出口没有亮点；相反地，在包括安装的工程项目出口中，中国货架企业已成功完成或正在施工数个项目，这将为中国货架企业开辟新的广阔市场空间。

2) 货架市场的行业分布状况

2014 年货架需求与上一年基本保持一致，商业物流、医药化工、食品饮料三个行业牢牢占据货架需求前三名，表明货架在关于民生的领域中需求最高。其中商业领域排名不断上升，市场份额不断扩大，这主要得益于电商的迅猛发展。

3) 货架行业竞争状况

受项目大型化、复杂化趋势影响，对货架厂商的资金实力、设备工艺、工期保证等提出了更高的要求，这些直接导致在货架厂商的竞争中，第一梯队相较于第二梯队明显处于有利地位，但第一梯队之间的竞争仍旧非常激烈。

2014 年年初，一些货架厂商出于种种考虑，开始逐步向系统集成方向发展。但有趣的现象是，也有原来的货架厂商在向集成商走了一段时间后，又重新把货架作为经营主攻方向。市场上还有集成商在酝酿建厂，大规模制造货架的传闻。在转型升级的时代，一切皆有可能，但均需面临市场考验。做专做强，一门深入，是多数货架企业的选择。

2. 货架市场发展特点分析

1) 货架新技术新产品应用提速

应用主要集中在两个方面，一是自动化立体仓库货架向更高、更重型方向发展中的应用，二是货架在密集式高效率存储系统发展中的应用。

2) 电商行业货架需求依然保持爆发式增长

电商行业的货架需求在近两年保持爆发式增长，电商货架并不是单一类型的货架，而是以电商需求定制的一揽子货架总称，通常包括但不限于阁楼式货架、搁板式货架和横梁式货架。其目的都是为了实现电商的高效率存储、高速度拣选，突出货物快速流动的特点。电商行业订单下单量大，工期严苛，加工复杂，对货架其综合能力考验巨大。

3) 项目大型化趋势再上台阶

单个货架项目金额从超 1 000 万元开始，短短两三年迅速达到超 3 000 万元。2014 年市场出现了单个货架项目超 5 000 万元、超亿元的大单，使项目大型化趋势再上台阶。如笔者所在公司 2014 年就有两个亿元大单。

4) 东南亚货架工程项目获得起步

以往的海外出口，以纯货架买卖居多。以印尼、泰国、越南、马来西亚为代表的东南亚市场，由于地少人多，再加上近几年来全球劳动密集型制造业的迁入，货架需求保持增长。中国货架企业在东南亚市场已成功起步，目前实施了多个项目。最具代表性的是上海精星公司在印尼某烟草公司获得超亿元人民币的“库架合一”大单，目前该项目第一个库已经主体吊装完毕。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2015 年度回顾

1. 货架企业面临的挑战

目前中国经济面临转型之际，经济下行压力不小，中国制造行业面对诸多挑战，货架企业身处制造行业自然不能幸免。概括来说，有四个方面的挑战需要面对。

1) 总体产能过剩

虽然相较许多不景气的行业而言，货架市场需求旺盛，但是从总体上来说，产能也是过剩的，开工不足的货架企业不在少数。许多原来从事出口或其他机械、金属加工的企业很容易进入中低端的货架制造领域。

2) 成本上升压力巨大

这里的“成本”主要是指以劳动力、土地为主体的生产经营成本。近几年来，尽管货架行业每年增长率不低，但与平均工资的上涨幅度相比仍是“差着一大截”。长此以往，企业所承受的压力可想而知。钢材价格目前处于近 20 年的低位，2015 年上涨可能性增大，届时对签有年度协议的订单和延期实施的订单极为不利。

3) 资金流动性风险

一方面，流入实体经济部门的资金持续降低，造成项目付款条件差、付款周期长、垫资多(货架企业钢材采购要全额付现)、垫资时间长、现金少、承兑汇票多，货架企业应收账款压力不小；另一方面，是全社会的融资难、融资贵。两面夹击下，货架企业资金的流动性风险凸显，要管控好、平衡好绝非易事。

4) 创新能力不足

大家都已形成这样的共识：自主创新，提高企业核心竞争力。可现在问题的关键是两个：一个是投入，一个是思路。在激烈竞争的市场环境中，利润是微薄的，企业没有足够的积累，没“钱”创新。企业首先是生存，有没有足够的时间让企业静下心来研发创新。同时，创新的方向在哪里，创新的机制体制保证，知识产权的保护，这些现实问题也困扰着企业。

2. 货架企业的发展机遇

展望 2016 年，机遇和挑战并存。货架企业纷纷采取措施，迎接挑战，把握行业发展机遇，简单梳理如下。

(1) 以客户需求为导向，紧跟国际物流装备行业发展趋势，引进国际国内先进制造设备，加速货架新技术新产品的应用。

(2) 聚焦优势产品和领域，有所为，有所不为，实行错位竞争。

(3) 自觉维护行业市场秩序。大到具有国际水准的高含金量的行业标准的制定，小到坚持维护正常的付款条件，每一个行业内成员的努力，都将为营造良好的行业发展生态“添砖加瓦”。

(4) 利用资本市场多渠道融资功能，解决资金问题。有企业引进风险投资，有企业准备上市。

(5) 异地建厂，以期降低土地、劳动力和运输等成本，扩大产能，抢占当地市场并辐射周边，最终完成全国布局。

总之，我们认为货架行业正处于国内物流行业发展的快速上升期，在未来较长一段时间内会保持高速增长。前文所分析到的 2014 年货架市场的特点和趋势将持续深入发展，2015 年的货架市场充满期待。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.3.1 货架的概念和作用

1. 货架的概念

在仓库设备中，货架是指专门用于存放成件物品的保管设备。货架在物流及仓库中占有非常重要的地位，随着现代工业的迅猛发展，物流量的大幅度增加，为了实现仓库的现代化管理、改善仓库的功能，不仅要求货架数量多，而且要求具有多项功能，并能实现机械化、自动化要求。

2. 货架的作用与功能

货架在现代物流活动中，起着相当重要的作用，仓库管理实现现代化，与货架的种类、功能有直接的关系。

货架具有以下作用及功能。

(1) 货架是用钢材或钢筋混凝土制成的架子，可以用增大货架的高度来充分利用仓库的空间，提高仓库利用率，扩大仓库的储存能力。

(2) 存放在货架中的货物，相互之间不接触、不挤压，减少了货物的损坏。

(3) 采用货架储存货物存取方便，结合计算机管理容易实现先进先出。

(4) 可以采用防潮、防尘、防盗等措施来提高货物储存的质量。

(5) 新型货架的结构形式有利于实现仓储系统的自动化管理。

4.3.2 货架的分类

货架的种类很多，目前使用较多的有以下几种货架。

1. 按货架的发展不同分类

(1) 传统式货架。包括层架、层格式货架、抽屉式货架、橱柜主货架、U 形货架、悬臂架、栅架、鞍架、气管钢桶架、轮胎专用货架等。

(2) 新型货架。包括旋转式货架、移动式货架、装配式货架、调节式货架、托盘货架、进车式货架、高层货架、阁楼式货架、重力式货架、臂挂式货架等。

2. 按货架结构不同分类

(1) 整体式货架。货架是库房的骨架，仓库的屋顶支撑在货架上。

(2) 分体式货架。货架独立地建在库房里，货架与仓库是分开的。

3. 按货架的承载量不同分类

(1) 轻型货架。每层货架的载重量为 150kg 以下，如超市货架。

(2) 中型货架。每层货架的载重量为 150～500kg，如中型工业货架。

(3) 重型货架。每层货架载重量为 500kg 以上，如重型工业货架。

4. 按货架高度不同分类

(1) 低层货架。高度为 5m 以下的货架，一般用于普通仓库。

(2) 中层货架。高度为 5～15m 的货架，可用于立体仓库。

(3) 高层货架。高度为 15m 以上的货架，一般用于立体仓库。

5. 按货架形式不同分类

(1) 通道式货架。这种形式的货架之间要留有通道，通道宽度根据作业的方式和所使用的机械而定。货柜式货架、托盘式货架、悬臂式货架和贯通式货架都属于通道式货架。

(2) 密集型货架。这种形式的货架之间的通道数可以减少，大大节省了通道面积并提高了库容率。移动式货架、重力式货架是使用较多的密集型货架。

(3) 旋转式货架。这种形式的货架在动力驱动下能沿轨道运行，将货物所在的货格旋转到拣货点，可以方便地拣选储存在货格里的货物。常见的旋转式货架有水平旋转式和垂直旋转式。

4.3.3 几种典型的货架

1. 重力式货架

重力式货架又称流动式货架，特点是每一个货格是一个具有一定坡度的滑道，货架的一侧有存货时用的通道，另一侧有取货时用的通道，如图 4.2 所示。由叉车或堆垛机装入滑道的货物单元能够在重力作用下，自动地由入库端向出库端滑动，直到到达滑道的出库端或碰上滑道上的已有货物单元停住为止。位于滑道出库端的第一个货物单元被取走之后，在它后面的各货物单元便在重力作用下依次向出库端移动一个货位。

重力式货架的滑道根据其滑动原理和结构的不同，可分为滚道式、气囊式和气膜式 3 种。为防止货物单元滑到出库端时与端挡或与前面货物产生冲击和碰撞，在滚道式滑道上一般每隔一定距离要安装一个限速器，降低货物单元的滑行速度从而减小碰撞时所产生的冲击力。同时，为保证出货作业的顺利完成，在出货端都设有停止器。气囊式和气膜式滑

北京大学出版社版权所有 禁止转载

道则是通过脉冲式充气和放气，使货物单元在滑道上时动时停，从而保证货物以平稳的速度滑到出库端。

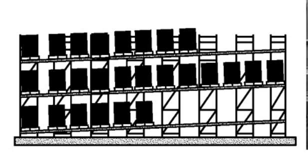



图 4.2　重力式货架

对于滚道式重力货架，滑道坡度的大小是一个非常重要的参数，坡度的大小主要取决于货物单元底部的材质。对于木托盘，可取 3.0%～3.5%；对于塑料托盘，可取 2.0%～2.5%；对于钢质托盘，可取 1.5%～2.0%。

重力式货架的优点是能充分利用仓库的面积，但滑道越长，货架的下“死角”也越大，从而造成仓库的容积不能充分利用。由于重力式货架的进货端和出货端分在不同区域，对货架进行补货时不会影响货物的出货，但是，储存在同一层上的货物应是相同的货物或同一次入库和出库的货物，故重力式货架适宜少品种、大批量、周转快货物的存储，所以在配送仓库的分拣区及工厂装配车间中应用广泛。重力式货架的出货及补货方式如图 4.3 所示。

2. 贯通式货架

采用货格货架，必须为作业机械安排工作巷道，因而降低了仓库单位面积的库容量。贯通式货架如图 4.4 所示，它取消了两排货架之间的巷道，将所有货架合并在一起，使同一层、同一列的货物互相贯通，托盘或货箱搁置于货架的牛腿上，叉车可直接进入货架每列存货通道内作业。这种货架比较适合于同类大批货物的储存。

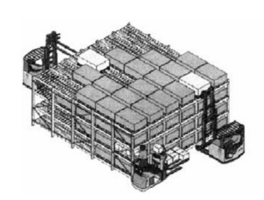


图 4.3　重力式货架的出货及补货方式

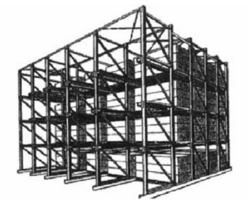


图 4.4　贯通式货架

由于贯通式货架的巷道较窄，司机的视线较差，叉车进出巷道作业时容易与货架相碰，从而造成事故，故而产生了动力式贯通货架，如图 4.5 所示。这种货架用链式输送机取代了传统贯通式货架的牛腿，货物放在链式输送机上，由输送机将货物从入库端送到货架的

北京大学出版社版权所有 禁止转载

出库端，再由叉车在货架的出货端将货物取走。

3. 悬臂式货架

悬臂式货架如图 4.6 所示，又称树枝形货架，由中间立柱向单侧或双侧伸出悬臂而成。悬臂可以是固定的，也可以是可调节的，一般用于储存长、大件货物和不规则货物，如圆钢、型钢、木板和地毯等，其前伸的悬臂具有结构轻巧、载重能力好的特点。如果增加隔板，特别适合空间小、高度低的库房。一般高度在 6m 以下为宜，空间利用率低，为 35%～50%。此种货架可采用起重机起吊作业，也可采用侧面叉车或长料堆垛机作业。

4. 阁楼式货架

阁楼式货架如图 4.7 所示，其特点是可充分利用仓储空间，适用于库房较高、货物较轻、人工存取且储货量大的情况，特别适用于现有旧仓库的技术改造，提高仓库的空间利用率。货架的底层货架不但是保管物料的场所，而且是上层建筑承重梁的支撑(柱)。货架可设计成多楼层(通常 2～3 层)，配有楼梯、扶手和货物提升电梯等。适用于五金、汽配、电子元件等的分类存储。



图 4.5　动力式贯通货架



图 4.6　悬臂式货架

北京大学出版社版权所有 禁止转载

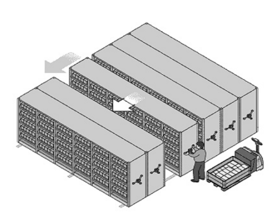




图 4.7　阁楼式货架

5. 移动式货架

移动式货架将货架本体放置在轨道上，在底部设有行走轮或驱动装置，靠动力或人力驱动使货架沿轨道横向移动，如图 4.8 所示。因一组货架只需一条通道，大大减少了货架之间的巷道数，所以在相同的空间内，移动式货架的储货能力要比货格式货架高得多。


图 4.8　移动式货架

在不进行出入库作业时，各货架之间没有通道相隔，紧密排列，全部封闭，并可全部锁住，可确保货物安全，同时又可防尘、防光；当进行存取货物时，可以使货架移动，使相应的货架开启成为人员或存取设备的通道。

为了减小运行阻力，移动货架一般采用钢轮支撑，在钢轨上移动。对于载重较轻的或较矮的货架，可以采用人力驱动方式；对于载重较大的货架，必须采用动力驱动，并设置必要的安全保护装置。例如在货架底部设缓冲停止器，一旦碰到障碍物，可以自动停止运动，避免挤伤滞留在通道内的拣货人员。

6. *旋转式货架*

传统仓库是由人或机械到货架前取货，而旋转货架是将货架上的货物送到拣货点，再由人或机械将所需货物取出，所以拣货路线短，操作效率高。

旋转货架的货格样式很多，一般有货架式、盘式、槽式、提篮式、抽屉式等，可根据所存货物的种类、形状、大小、规格等的不同进行选择，货格可由硬纸板、塑料板、钢板制成。

旋转货架适用于以分拣为目的的小件物品的存取，尤其对于多品种的货物分拣更为方便。它占地面积小，储存密度大，易于管理。如采用计算机控制，可使操作员摆脱人工寻货的负担，避免看错、看丢的现象，提高分拣质量并缩短拣货时间。另外由于拣货人员工作位置固定，故可按照人机工程的原理，设计操作人员的工作条件。这种货架的规模可大可小，企业可根据实际情况，控制投资规模。

旋转货架分为整体旋转式(整个货架是一个旋转整体)和分层旋转式(各层分设驱动装置，形成各自独立的旋转体系)，其中整体旋转式又分为垂直旋转式和水平旋转式两种。

1) 垂直旋转货架

这种货架本身是一台垂直提升机。提升机的两个分支上悬挂着成排的货格。根据操作命令，提升机可以正反向回转，使需要拣取的货物停到拣选平台，如图 4.9 所示。这种货架的高度一般为 2～3m，为了利用空间也有高达 6m 的。拣货平台可以是一个，也可以设置多个。

图 4.9　垂直旋转货架

2) 水平旋转货架

水平旋转货架的原理与垂直旋转货架相似，只是货格在水平方向回转。各层货格同时回转的水平旋转货架称作整体水平旋转货架；各层可以独立地正反向旋转的货架称为分层水平旋转货架。

整体水平旋转货架(图 4.10)，由多个独立的货柜构成，用一台链式输送机将这些货柜串联起来，每个货柜下方都有支撑滚轮，上部都有导向滚轮。链式输送机运转时，带动货柜运动。需要拣取某种货物时，操作人员只需在控制台上给出指令，货柜便自动转到拣货点并停止，拣货人员就可从中拣选货物。分层水平旋转货架由环状排列的货盘多层重叠而成，如图 4.11 所示。每层的货盘都用链条串在一起，各

北京大学出版社版权所有 禁止转载

层都有相应的轨道，由分设的驱动装置驱动，形成各自独立的旋转体系。这种货架可同时执行几个命令，效率高于整体水平旋转货架。

【知识拓展】

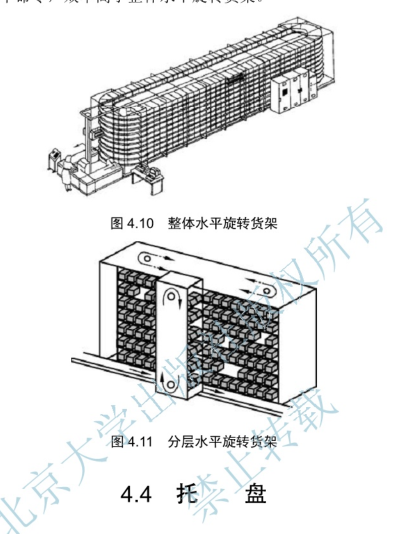


图 4.10　整体水平旋转货架

图 4.11　分层水平旋转货架

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.4　托　盘

4.4.1　托盘概述

托盘是使物品能有效地装卸、运输、保管的工具，将其按一定数量组合放置于一定形状的台面上，这种台面有供叉车从下部叉入并将台板托起的叉入口。以这种结构为基本结构的平板台板和在这种基本结构基础上所形成的各种形式的集装器具，都可统称为托盘。

托盘是一种重要的集装器具，是在物流领域中适应装卸机械化而发展起来的一种集装器具。托盘的发展可以说是与叉车同步，叉车与托盘的共同使用如图 4.12 所示，形成的有效装卸系统，大大促进了装卸活动的发展，使装卸机械化水平大幅度提高，解决了长期以来在运输过程中的装卸瓶颈问题。所以，托盘的出现也有效促进了全物流过程水平的提高。

托盘最初是在装卸领域出现并发展的。20 世纪 30 年代，托盘首先在工业部门得到广泛应用。第二次世界大战期间，为解决大量军用物资的快速装卸问题，托盘的应用得到进一步发展。

第二次世界大战后，随着经济活动总量的增长，仓库发挥的作用越来越大，为提高仓库的出、入库效率和仓库的库容量利用系数，实现仓储作业的机械化、自动

化，托盘又成了一种储运工具。为消除货物转载时码盘、拆盘的重复而又繁重的体力劳动，各发达国家开始建立托盘交换、联营和共用租赁体系，如德国铁路(DB)和 CHEP，使托盘从企业、港口、货场的使用发展到随车、随船运输，使托盘又成为一种运输工具。

一些国家还随货直接将托盘运至商店，陈列在柜台上售货，使托盘又发展成售货工具，即从托盘装卸→托盘储存→托盘运输→托盘销售，连贯发展成托盘物流。托盘不仅是仓储系统的辅助设备，而且是仓储货物集装单元化的必要条件。



图 4.12　叉车与托盘形成装卸系统

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.4.2　托盘的种类

托盘的种类繁多，就目前国内外常见的托盘种类来说，大致可以划分为 5 大类。

1. 平托盘

平托盘是托盘中使用量最大的一种，是一种通用型托盘。一般所说的托盘，主要指平托盘。平托盘又进一步按以下 3 个条件分类。

(1) 按台面不同分类。按承托货物台面分成单面型、单面使用型和双面使用型、翼型 4 种。

(2) 按叉车叉入方式不同分类。可分为单向叉入型、双向叉入型、四向叉入型 3 种。使用四向叉入型，叉车可从 4 个方向进叉，因而叉车操作较为灵活。单向叉入型只能从一个方向叉入，因而在叉车操作时较为困难。图 4.13 分别展示了不同台面和叉入方式的平托盘。

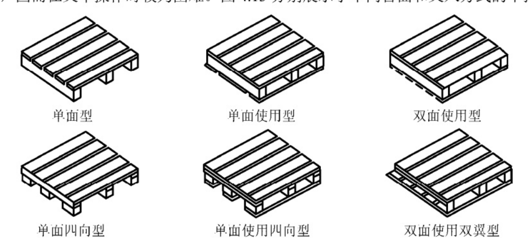
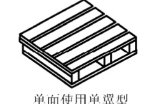


图 4.13　各种平托盘形状构造





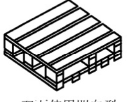


图 4.13　各种平托盘形状构造(续)

(3) 按材料不同分类。

① 木制平托盘。图 4.14 所示的各种平托盘都是木制平托盘的构造。木制平托盘制造方便，便于维修，本体也较轻，是使用广泛的平托盘。



图 4.14　各种木制平托盘

北京大学出版社版权所有 禁止转载

② 钢制平托盘。用角钢等异型钢材焊接制成的平托盘，和木制平托盘一样，也有叉入型和单面、双面使用型等各种形式。钢制平托盘自身较重，比木制平托盘重，人力搬运较为困难。最近采用轻钢结构，最低重量可制成 35kg 的 1 100mm×1 100mm 钢制平托盘，可使用人力搬移。钢制平托盘的最大特点是强度高，不易损坏和变形，维修工作量较小。钢制平托盘制成翼形平托盘有优势，这种托盘不但可使用叉车装卸，也可利用两翼套吊器具进行吊装作业。钢制平托盘如图 4.15 所示。



图 4.15　各种钢制平托盘

③ 塑料制平托盘。采用塑料模制平托盘，一般是双面使用型、两向叉入或四面叉入型 3 种形式，由于塑料强度有限，很少有翼型的平托盘。塑料制平托盘最主要的特点是本体重量轻，耐腐蚀性强，便于各种颜色分类区别。托盘是整体结构，不存在被钉刺破货物的问题，但塑料托盘的承载能力不如钢制或木制托盘。

④ 胶板制平托盘。用胶合板钉制台面的平板型台面托盘，这种托盘质量轻，但承重力及耐久性较差。

2. 柱式托盘

柱式托盘的基本结构是托盘的 4 个角有固定式或可卸式的柱子，这种托盘的进一步发展，又可从对角的柱子上端用横梁连接，使柱子成门框型，如图 4.16 所示。

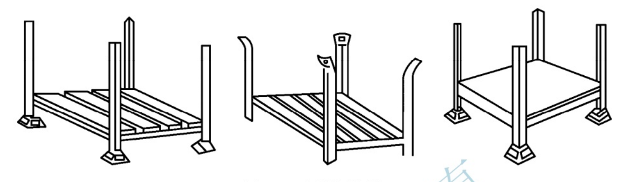


图 4.16 各种柱式托盘

柱式托盘的柱子部分可用钢材制成，按柱子固定与否分为柱式、可卸柱式、可套叠式、折叠式等。柱式托盘的主要作用有两个：一是防止托盘上所置货物在运输、装卸等过程中发生塌垛；二是利用柱子支撑重量，可以将托盘上部货物悬空载堆，而不用担心压坏下部托盘上的货物。

3. 箱式托盘

箱式托盘的基本结构是由沿托盘 4 个边的板式、栅式、网式等栏板和下部平面组成的箱体，如图 4.17 所示，有些箱体有顶板，有些箱体上没有顶板。箱板有固定式、折叠式和可卸式 3 种。由于四周栏板不同，箱式托盘又有各种叫法，如四周栏板为栅栏式的也称笼式托盘或集装笼。箱式托盘的主要特点有两个：一是防护能力强，可有效防止塌垛，防止货损；二是由于四周的护板护栏，这种托盘装运范围较大，不但能装运可码垛的整齐形状包装货物，而且还可以装运各种形状不规则的散件。

4. 轮式托盘

轮式托盘的基本结构是在柱式、箱式托盘下部装有小型轮子，如图 4.18 所示。这种托盘不但具有一般柱式、箱式托盘的优点，而且可利用轮子做短距离移动，可不需搬运机械实现搬运，并可利用轮子做滚上滚下的装卸，有利于装放车、船后移送位置，因此轮式托盘有很强的搬运性。此外，轮式托盘在生产物流系统中，还可以兼做作业车辆。



图 4.17 箱式托盘



图 4.18 轮式托盘

北京大学出版社版权所有 禁止转载

5. 特种专用托盘

上述托盘都带有一定通用性，可适装多种中、小件杂、散、包装货物。由于托盘制作简单、造价低，所以对于某些运输数量较大的货物，可按其特殊要求制造出装载效率高、装运方便的专用托盘。

(1) 航空托盘。航空货运或行李托运用托盘，一般采用铝合金制造。为适应各种飞机货舱及舱门的限制，一般制成平托盘，托盘上所载物品以网络覆罩固定。

(2) 平板玻璃集装托盘。又称平板玻璃集装架。这种托盘能支撑和固定平板玻璃，在装运时，平板玻璃顺着运输方向放置以保持托盘货载的稳定性。平板玻璃集装托盘有若干种，使用较多的是 L 形单面装放平板玻璃、单面进叉式托盘，A 形双面装放平板玻璃、双向进叉托盘，吊叉结合式托盘及框架式双向进叉式托盘。

(3) 油桶专用托盘。专门装运标准油桶的异型平托盘，托盘为双面型，两个面皆有稳固油桶的波形表面或侧挡板。油桶卧放于托盘上面，由于波形槽或挡板的作用，不会发生滚动位移，还可几层堆垛，解决桶形物难堆高码放的困难，也方便了储存，如图 4.19 所示。

(4) 货架式托盘。其结构特点是一种框架形托盘，框架正面尺寸比平托盘稍宽，以保证托盘能放入架内；架的深度比托盘宽度窄，以保证托盘能搭放在架上。架子下部有 4 个支脚，形成叉车进叉的空间。这种架式托盘叠高组合，便成了托盘货架，可将托盘货载送入内放置。这种架式托盘也是托盘货架的一种，是货架与托盘的一体物。

(5) 长尺寸物托盘。专门用于装放长尺寸材料的托盘，这种托盘高码放后便形成了组装式长尺寸货架。

(6) 轮胎专用托盘。轮胎本身有一定的耐水、耐蚀性，因而在物流过程中不需要密闭，且本身很轻，装放于集装箱中不能充分发挥箱的载重能力。其主要问题是储运时怕压、挤，采用这种托盘是一种很好的选择。



图 4.19 油桶专用托盘

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.4.3 托盘的标准化

以托盘作为仓储货物集装单元化的装载工具，可使用机械装备如叉车等来装卸、搬运货物。在整个物流环节中，同一托盘可以连续使用，不需更换。但是如果托盘规格不统一，在各作业环节之间不能通用与互换，势必因更换托盘而增加人力、时间与资金投入，造成不必要的麻烦与浪费。因此要实行托盘化，必须做到托盘规格的统一。

由于世界各国使用托盘的历史不同，各国的托盘尺寸均有不同。为了达到国际联运的目的，托盘的尺寸规格应有国际统一标准，但目前还很难做到。根据 ISO 6780《联运通用平托盘重要尺寸及公差》规定，托盘现有 4 个系列。

(1) 1200 系列(1 200mm×800mm 和 1 200mm×1 000mm)。1 200mm×800mm 托盘也称欧洲托盘，它的应用范围最广；1 200mm×1 000mm 托盘多用于化学工业。

(2) 1100 系列(1 100mm×1 100mm)。这个尺寸系列是由发展较晚的国际集装箱最小内部宽度尺寸 2 330mm 确定形成的。

(3) 1140 系列(1 140mm×1 140mm)。这个系列是对 1 100 系列的改进，目的是为了充分利用集装箱内部空间。

(4) 1219 系列(1 219mm×1 016mm)(48in×40in)。这是考虑北美国家习惯以英寸(in)为单位制定的系列。

我国于 1982 年制定了联运平托盘外形尺寸系列的国家标准，并于 2007 年进行了修订，标准规定 1 200mm×1 000mm 和 1 100mm×1 100mm 两种规格作为我国托盘国家标准，优先推荐 1 200mm×1 000mm，见表 4-2。

表 4-2　GB 2934—2007 联运平托盘外形尺寸系列

代号	公称公差/mm	长度公差/mm	宽度公差/mm	插孔高度尺寸/mm	公差/mm	载重量/kg
TP1	1 800×1 000	±3	±3	使用托盘搬运车100；使用叉车或其他工具 70	±6	1 000
TP2	1 800×1 200					
TP3	1 000×1 200					

4.5　仓储设备的选用

4.5.1　仓储设备选用的一般流程

仓储设备选用设计包括以下几个流程，如图 4.20 所示。

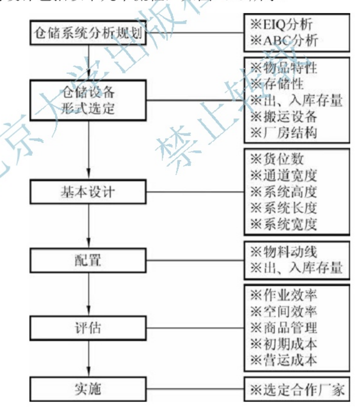


图 4.20　仓储设备选用设计流程

4.5.2　仓储系统分析规划

物流配送中心储存商品种类多达数十万种，每种商品的发货量、储存方式、拣取单位和包装形式都不一样。为此，必须根据储存单位和拣取单位来区分商品，依据出、入库量大小进行分类，以便选择适当的仓储设备和提高作业效率。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

4.5.3　仓储设备的选择

一般在选择仓储设备时主要考虑经济性和效率及其他综合因素。

储存物品的外形、尺寸直接影响到货架规格的选择，物品重量关系到选择什么强度的货架，储存单位直接关系到用什么货架来储存，对于托盘、容器和单件物品所对应的货架类型是不同的。从发展的眼光看，储位数量应略有富余。这些数据通过仓储系统分析才能得到。仓储设备选用通常考虑以下几个因素。

1. 存取性

一般情况下，存取性与储存密度是矛盾的。储存密度大必然影响物品的存取性。有的货架形式有较高的储存密度，但储位管理较难，难以实现先进先出原则。自动化立体仓库可向高度发展，做到存取性和储存密度两者俱佳，但投资成本较高。为此，用户必须结合实际情况，优化选择为宜。表 4-3 为仓储设备特性表。

表 4-3　仓储设备特性表

仓储设备选用考虑因素				
物品特性	存取性	出、入库量	搬运设备	厂房结构
尺　寸	储存密度	先进先出	配重式	可用高度
重　量	先进先出	存取频率	跨立式	梁柱位置
货位数	货位管理	存取数量	通道宽度	地板条件
储存单位			提升高度	防火设施
			提升重量	
			旋转半径	

北京大学出版社版权所有　禁止转载

2. 出、入库量

出、入库量是选择仓储设备的重要指标，表 4-4 是各种仓储设备出、入库频率比较表。

表 4-4　仓储设备以出、入库频度区分

储存单位	高　频　度	中　频　度	低　频　度
托　盘	托盘流动式货架 (20～30 托盘/小时) 立体自动仓库 (30 托盘/小时) 水平旋转自动仓库 (10～60 秒/单位)	托盘式货架 (10～15 托盘/小时)	驶入式货架 (10 托盘/小时以下) 驶入式货架 推后式货架 移动式货架
容　器	容器流动式货架 轻负载自动仓库 (30～50 箱/小时) 水平旋转自动仓库 (29～40 秒/单位) 垂直旋转自动仓库 (20～30 秒/单位)	轻型货架(中量型)	托盘流动式货架
单　品	单品自动拣取系统	轻型货架(轻量型)	抽屉式货架

3. 搬运设备

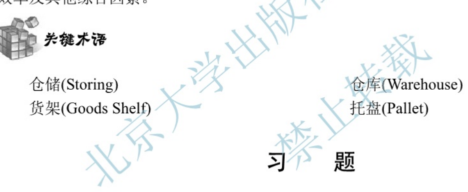
物流中心的储存作业是通过搬运设备来完成的。为此，应慎重选择搬运设备，才能实现高效低成本运行。叉车或堆垛机是常用的搬运设备，在对其选型时必须考虑货架通道的宽度。

4. 厂房结构

新建厂房时，根据货架高度决定梁的高度。同时，根据货架实际与安装条件，对地板强度、地面平整度也有要求。此外，还要考虑防火设施和照明设施等一系列问题。

本 章 小 结

仓储是物资储存、保养、维护和管理的活动，仓库和仓储设备是仓库运作的必要条件，它不仅直接影响企业为物流需求者提供的物流量、物流服务的质量以及作业效率，而且影响现代物流企业的物流成本、物流速度、安全生产以及物流作业的生产秩序。设备的好坏，对现代物流企业的生存与发展都有着重大影响。在选择仓储设备时，一般要考虑经济性和效率及其他综合因素。



北京大学出版社版权所有
禁止转载

关键术语

仓储(Storing)　　　　仓库(Warehouse)
货架(Goods Shelf)　　托盘(Pallet)

习　　题

1. 填空题

(1) 常见的旋转式货架有________和________两种。

(2) 托盘按承载货物的台面分类可分成________、________、________和________4 种。

(3) 我国于 2007 年制定了联运平托盘外形尺寸系列的国家标准。将联运托盘即平托盘的平面尺寸定为________、________和________3 种。

2. 简答题

(1) 仓储技术装备有哪些？

(2) 常见的典型货架有哪些，如何根据仓库和货物的特点合理选择货架？

(3) 简述托盘的种类和特点。

(4) ISO 规定托盘的规格有哪些？

(5) 仓储设备选用要考虑哪些因素？

第 5 章　自动仓储系统技术装备

北京大学出版社版权所有
禁止转载

【教学目标】

- 了解自动仓储系统的概念、特点和分类
- 明确自动仓储系统的组成
- 掌握自动仓储系统的存取工艺及相关设备的使用方法
- 掌握常见的巷道堆垛机的构造、作用及其特点



巷道式自动化立体库在食品加工行业广泛应用

巷道式自动化立体库可以在有限的场地内充分利用空间，布置 7～10 层甚至更多层的高层货架，利用计算机系统控制、通过穿梭板和堆垛机巧妙结合完成出入库工作，凭借其高效率和垂直空间利用率，任意取货的作业方式和无人的作业环境，受到企业的青睐，在食品加工被广泛使用。

思考题：从该案例能得到什么启示？

自动仓储系统是近年来国际迅速发展起来的一种新型仓储设施。利用高层立体货架储存货物，并使仓储管理机械化、自动化，被认为是物流技术领域里一项突出的科学技术革命，用自动化功能齐全的立体仓库取代传统的普通房式仓库已成为世界仓储建设发展潮流。自动仓储系统不仅具有节省占地面积、减轻劳动强度、提高物流效率、降低储运损耗等功能，而且在沟通物流信息、衔接生产需求、合理利用资源、进行科学存储与生产经营决策等方面起到了特定的作用。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

5.1 概　　述

5.1.1 自动仓储系统的概念

自动仓储系统(Automatic Storage and Retrieval System，ASRS)是指不用人工直接处理，能自动存储和取出物料的系统，采用高层货架储存货物，用起重、装卸、运输机械设备进行货物出库和入库作业，ASRS 主要通过高层货架充分利用空间进行存取货物，所以又称为“自动化高架仓库系统”，也称为“自动化立体仓库系统”。自动化仓库技术是现代物流技术的核心，它集高架仓库及规划、管理、机械、电气于一体，是一门综合性的技术。图 5.1 为自动仓储系统。

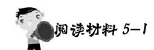


图 5.1　自动仓储系统

自动仓储系统的出现和发展是第二次世界大战以后生产和技术发展的结果。20 世纪 50 年代初，美国出现了采用桥式堆垛起重机的仓库，20 世纪 50 年代末至 60 年代初，出现了司机操作的巷道式堆垛起重机，1963 年美国首先在仓库业务中采用计算机控制，建立了第一座计算机控制的高架仓库。此后，自动仓储系统在美国和欧洲得到迅速发展。20 世纪 60 年代中期以后，日本开始兴建高架仓库，而且发展速度越来越快，成为当今世界上拥有高架仓库数量最多的国家。

我国对自动仓储系统的研制开始并不晚，1963 年研制成第一台桥式堆垛起重机(机械部北京起重运输机械研究所)，1973 年开始研制我国第一座由计算机控制的自动化立体仓库(高 15m，机械部起重所负责)，该库 1980 年投入运行。目前，自动仓储在我国仓储业和生产线使用上崛

起，广泛使用在机械制造、冶金、化工、航空航天、电子、医药、食品加工、烟草、印刷、配送中心、机场、港口、医药生产及流通等行业。据不完全统计，2012 年建设的具有较大规模的立体仓库在建项目有 130 多座，截至 2012 年 12 月，全国自动化立体库保有量超过 1 200 座。在我国自动仓储系统中，自动化立体仓库占比为 29.96%，位居第二，仅次于自动输送机(32.00%)。2015 年自动化立体仓库市场总值超过 320 亿元。



天保冈谷国际物流中心自动化物流仓储系统

天津天保冈谷国际物流中心自动化物流仓储系统库房占地 126m(长)×108m(宽)，建筑高度 23.8m，库存总容量 23 296 个托盘单元，是国内设计规模最大、自动化水平最高、第三方物流配送综合管理信息技术应用最全面、完全符合现代物流和电子商务体系的现代化国际物流分拨中心，如图 5.2 所示。



图 5.2　天保冈谷国际物流

1. 总体工艺布置(图 5.3 和图 5.4)

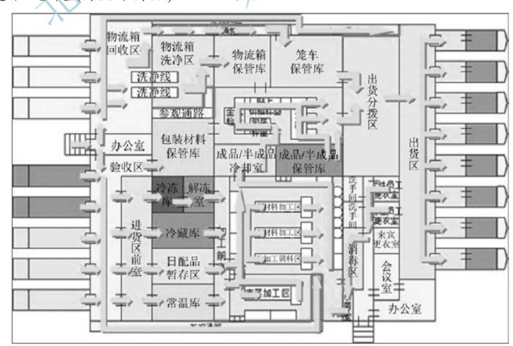


图 5.3　计算机管理信息(3PL-WMS)与自动化控制系统

北京大学出版社版权所有 禁止转载

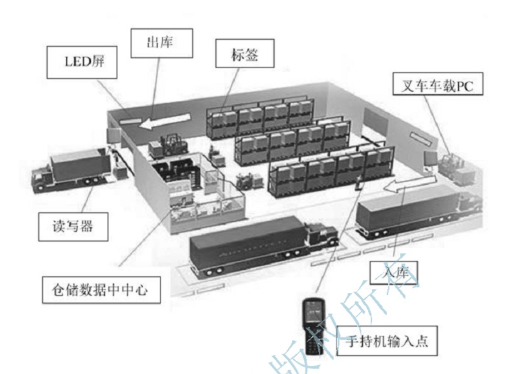
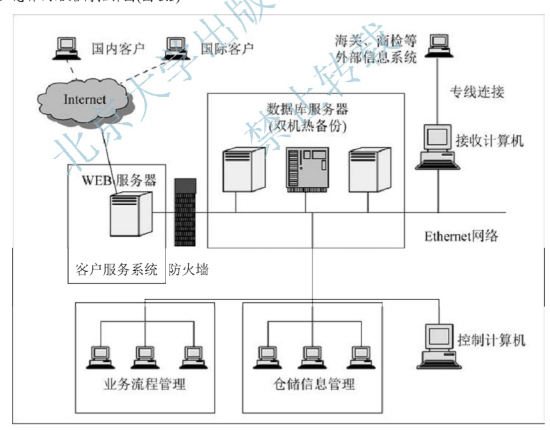


图 5.4　计算机物流管理信息系统(3PL-WMS)

2. 总体网络结构拓扑图(图 5.5)



北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 5.5　总体网络结构拓扑图

3. 一站式业务流程管理功能

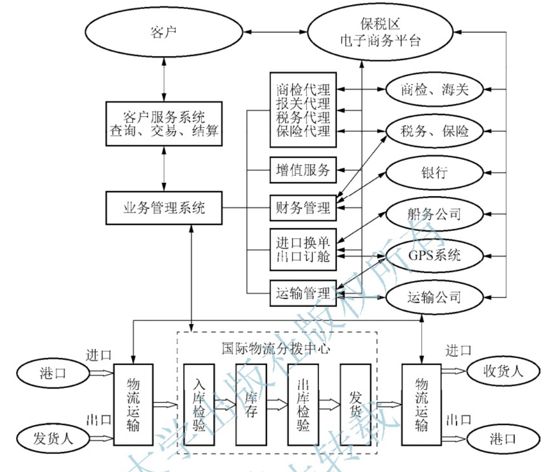


图 5.6 一站式业务流程管理功能

4. 外部客户服务系统结构示意图(图 5.7)

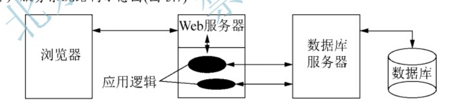


图 5.7 Browser/Web/Server 结构示意图

5. 社会经济效益

天津港，作为中国北方最大的国际性港口，拥有惊人的货运吞吐量，每年保持着高速的增长，必将迎来飞速的发展；而作为天津港最大的进出口货运中转站——保税区，国际物流分拨中心建成并成功投入使用，为迎接现代物流历史新高峰的到来提前做好基础设施方面的准备，瞄准了国内外企业一体化物流需求，结盟区域管理者，营造了区域供应链环境，成为保税区招商引资、展示其综合实力的重要窗口。

5.1.2 自动仓储系统的优点

自动仓储系统出现以后，获得了迅速的发展，这主要是因为这种仓库具有一系列突出的优点，在整个企业的物流系统中具有重要的作用。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

1. 能大幅度地增加仓库高度，减少占地面积

用人工存取货物的仓库，货架高 2m 左右。用叉车的仓库可达 3～4m，但所需通道要 3m 宽，用其储存机电零件，单位面积储存量一般为 0.3～0.5t。而立体仓库目前最高的已经达到 40m，它的单位面积储存量比普通的仓库高得多。一座货架 15m 高的立体仓库，储存机电零件和外协件，其单位面积储存量可达 2～15t，是普通货架仓库的 4～7 倍。对于一座拥有 6 000 个货位的仓库，如果托盘尺寸为 800mm×1 200mm，则普通的货架仓库高 5.5m，需占地 3 609m^2，而 30m 高的高架仓库，占地面积仅 399m^2。

2. 提高劳动生产率，降低劳动强度

使用机械和自动化设备，运行和处理速度快，提高了劳动生产率，降低了操作人员的劳动强度，同时，能方便地进入企业的物流系统，使企业物流更趋合理化。采用自动化技术后，还能较好地适应黑暗、低温、污染、有毒和易爆等特殊场合的物品存储需要。如国内已有的冷冻物品自动化仓库和存储胶片的自动化仓库，在低温和完全黑暗的库房内，由计算机自动控制，实现货物的出、入库作业，从而改善工作环境，保证安全操作。

3. 科学储备，提高物料调节水平，加快储备资金周转

由于自动化仓库采用计算机控制，对各种信息进行存储和管理，能减少货物处理过程中的差错，而利用人工管理不能做到这一点。同时，借助于计算机管理还能有效地利用仓库的储存能力，便于清点和盘库，合理减少库存，加快储备资金周转，节约流动资金，从而提高仓库的管理水平。

4. 有效衔接生产与库存，加快物资周转，降低成本

作为生产过程的中间环节，具有原材料、在制品和成品的缓冲存储功能，在自动化和机械化设备处理下，自动化程度提高，各种物料库存周期缩短，从而降低了总成本。对不同运输方式、不同装运方式、不同状态的物料衔接，改变运输方式，改变装运方式和采用有效的技术，都会带来费用的降低。

5. 为企业的生产指挥和决策提供有效的依据

自动仓储系统的信息系统可以与企业的生产信息系统集成，实现企业信息管理的自动化。自动化仓库往往也是企业信息系统的重要环节，决策者根据库存信息制定战略和计划，指挥、监测和调整企业行为。由于仓储信息管理及时准确，便于决策者随时掌握库存情况，根据生产及市场情况及时对企业计划作出调整，提高生产的应变力和决策力。

总之，自动仓储系统这一新技术的出现，使有关仓储的传统观念发生了根本性的改变。原来那种固定货位、人工搬运和码放、人工管理、以储存为主的仓储作业已改变为优化选择货位，按需要实现先入先出的机械化、自动化仓库作业。

5.1.3 自动仓储系统的构成

自动仓储仓库一般由高层货架、货品搬运设备、控制和管理系统及相关公用设施等组成。自动化立体仓库是一个机械、电气、计算机以及土建等学科相结合的产品，是一个综合性工程，通常把高层货架、堆垛机和自动控制系统称为自动仓储系统的 3 大标志。在整

北京大学出版社版权所有 禁止转载

个立体仓库的运行中，需要各个硬件设备配合软件系统来完成任务操作。其构成主要包含了土建、机械、电气 3 大类基础硬件设施。

1. 土建及公用工程设施

(1) 厂房。仓库的货物和自动化仓库的所有设备都安放在厂房规定的范围内，库存容量和货架规格是厂房设计的主要依据。

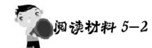
(2) 消防系统。由于仓库库房一般都比较大，货物和设备比较多而且密度大，而仓库的管理和操作人员较少，所以自动化仓库的消防系统大都采用自动消防系统。

(3) 照明系统。

(4) 通风及采暖系统。

(5) 动力系统。

(6) 其他设施。给排水设施、避雷接地设施和环境保护设施等。



在安徽省数字化设计与制造重点实验室的数字化车间，建立一个单巷道立体化仓库。仓库内配置高货架一座、50kg 有轨巷道堆垛机一台、出入库输送系统、监控系统以及计算机管理系统各一套，激光导引的 AGV 一辆。图 5.8 为该车间自动仓储系统的基本构成。

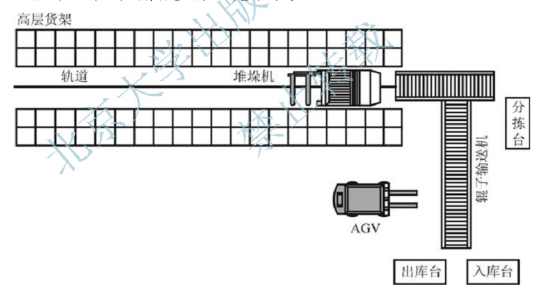


图 5.8　车间自动仓储系统的基本构成

该自动仓储系统长 10.5m、宽 3.5m、高 4m，共划分为 3 个区域：立体仓储区、作业区、计算机管理中心，主要用于存储数字化车间的加工工件、加工工具、原材料、办公用品、维修备件等材料。

2. 机械设备

机械设备主要由货架、货箱或托盘、搬运设备等组成。

1) 立体仓库的货架

货架是立体仓库中用于存放货品的地方，即容纳货物的架子。它在现代的生产物流以及仓库中起着很重要的作用。随着现代工业的迅速发展，立体仓库的功能也逐步完善，对

北京大学出版社版权所有
禁止转载



货架的要求也越来越高。货架越高，所拥有的存储面积就越大，同时对货架本身的要求也就越高。

立体仓库的货架按高度可分为：高层货架(12m 以上)、中层货架(5～12m)，以及低层货架(5m 以下)。通常，货架的高度为 8～50m，一般来说，高层货架是立体仓库中主要的构筑物，其材料通常是由钢材或钢筋混凝土制作。货架的高度是关系到立体仓库全局性的参数，货架钢结构的成本随其高度的增加而上升。同时，要求货架本身必须具有足够的强度和稳定性。货架的形式有很多种，如悬壁式货架、流动式货架、货位式货架、牛腿式货架、水平或垂直旋转式货架等(各类货架的特点与应用见第 4 章)。

2) 货箱或托盘

货箱或托盘是立体仓库中货品的载体，采用货箱可以放置各种外形不规则的货物和零散货物，这样，使得存放的货物安全可靠、不易散落。而采用托盘虽然成本较低，但它只能存放外形规则或有包装的货品。同时，采用托盘对存取设备如堆垛机的检测系统要求较高，如不能正确检测，则有可能发生货物碰撞的现象。无论是货箱还是托盘，都必须方便存取设备作业。

3) 搬运设备

搬运设备是实施自动化立体仓库中的关键设备，是立体仓库中的“搬运工”，它们接收控制系统的指令，在电动机的电力驱动下实现货物的位移。其运动形式可以是多样化的，可在空间和地面进行运动。

在立体仓库中，常用的搬运设备有巷道式堆垛机、AGV、升降梯，以及输送机等。其中，堆垛机是立体仓库中最为重要的运输设备，是立体仓库中主要的作业机械。它是针对立体仓库的应用而逐步发展起来的专用起重搬运设备，通常一个巷道内配备一台堆垛机。巷道式堆垛机在运作中来回在巷道内穿行，将货物及时、准确地存放到指定的位置，是货物运输的载体。

3. 电气硬件设备

电气硬件设备在自动化立体仓库中是不可缺少的部分。在整个硬件系统中都应用到了电气设备，主要由弱电和强电相结合来进行系统的控制。立体仓库中电气硬件设备主要是指检测装置、控制装置、通信设备和监控调度设备等。

1) 检测装置

在立体仓库中，系统必须装有检测装置。这是为了能对各种作业设备进行有效的控制，使作业系统安全可靠地运行。如在系统运行时，各种机电设备的运行参数和状态、货物运行方向和位置都需进行自动检测等。这样能为系统的决策提供一定的有效依据，使系统运行处于合理状态。

2) 控制装置

控制装置是立体仓库成功运行的保障。自动化立体仓库中相关设备都配备了控制装置，如普通开关、继电器、微型控制器，以及可编程控制器(Programmable Logical Contrdler，PLC)等。通过这些控制器来完成位置控制、速度控制和方向控制等各种操作，使系统能达到所需的要求。

3) 通信设备

作为一个自动化系统，各种设备之间必然存在信息的交换，这就意味着产生大量的数

北京大学出版社版权所有 禁止转载

据通信。而信息的交换需要借助于电缆、光纤、网线，以及电磁波等传输媒介的作用来完成任务。

4) 监控调度设备

为了实时掌握仓库内的动态反应，需要对立体仓库进行实时的监控。这样能够便于对立体仓库进行统一的调度，监控各设备的运行情况，有效而快速地响应系统的变化。

5.2　自动仓储系统的分类及发展趋势

5.2.1　自动仓储系统的分类

自动化立体仓库是一个综合的自动化系统，是一种特定的仓库形式。一般按以下方式分类。

1. 按建筑形式不同分类

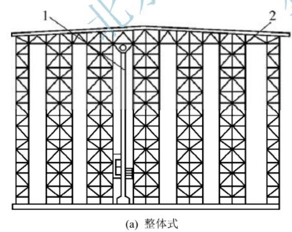
1) 整体式

货架既是储存货物的构件，又是建筑承重构件，它上部支撑屋盖，四面保温墙板就形成了仓库建筑物。这种结构无论在材料消耗、施工量还是仓库空间利用方面，都是比较经济合理的。这种结构重量轻，整体性好，抗震性能也较好。

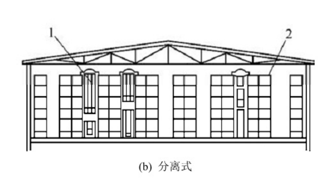
2) 分离式

在仓库建筑物内独立地建起货架，货架与建筑物是分开的。这种形式适用于利用原有建筑物作库房，当仓库高度在 12m 以下和地面荷载不大时，采用这种形式比较方便。由于这种仓库可以先建库房后立货架，所以施工、安装比较灵活方便。高层货架仓库的建筑形式如图 5.9 所示。

北京大学出版社版权所有 禁止转载



(a) 整体式



(b) 分离式

图 5.9　高层货架仓库的建筑形式

1—堆垛机；2—货架

2. 按仓库存取方式不同分类

1) 单元货架式仓库

单元货架式仓库是一种最常见的仓库形式。货物先放在托盘或集装单元中，再装入单

元货架式仓库货架的货格中。搬运机械对整个单元的货物进行搬运，完成入库、出库作业。图 5.10 所示为托盘单元式自动仓库。

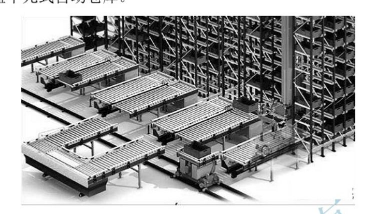


图 5.10 托盘单元式自动仓库

2) 拣选式仓库

这种仓库里，货物虽以单元化方式入库和储存，但出库时并非整个单元一起出，而是根据出库提货单的要求从货物单元中拣选一部分出库。这种拣选又可分为两种：一种方式是仓库工人乘坐拣选式堆垛起重机或叉车到需要取货的货格前，从货物单元中拣选必要数量的货出库，这种方式叫做“人到货前拣选”；另一种方式恰好相反，是用一般的巷道式堆垛机或其他搬运机械将所需货物单元整个搬运出巷道到拣选区，由工人选取必要的数量，然后将带有剩余货物的单元重新送回原址，这种方式叫做“货到人处拣选”。用哪一种方式合适，需视仓库作业需要而定。如果对于整个仓库来讲，只有拣选作业，而不需要整个单元出库，那么，多采用“人到货前拣选”的方式。但如果仓库作业中仍有相当一部分货物需要整个单元出库，或者拣选出来的各种货物往往还需要按用户的要求进行组合选配，那么也可以采用“货到人处拣选”的方式。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

3. 按仓库在生产和流通中的作用不同分类

1) 储存中心型仓库

货物以单元化形式入库之后，在货架上储存一定的时间。需要时再出库。绝大多数立体仓库都是存储型仓库。

2) 配送中心型仓库

在这种仓库里，各种货物先是各自以货物单元的形式储存在货架上。出库时，往往需要根据订单的要求将不同货物以不同的数量进行选配，组成新的货物单元，送往需要的地方供使用，典型例子是“配送中心”。这类仓库除了有高货架以外，一般都有比较大的选配作业面积。那里配有许多输送机和拣选作业站以及一系列的配套设备，供进行商品选配之用。

4. 按库房容量不同分类

立体仓库的库容量一般以所能储存货物的单元托盘数表示。一般库容量为 2 000 托盘以下为小型库；库容量为 2 000～5 000 托盘的为中型库；库容量为 5 000 托盘以上的为大型库。目前立体仓库的最大库容量已达 30 多万个托盘。

5. 按仓库作业的控制方式不同分类

按照仓库作业的控制方式不同自动仓储系统可分为手动控制、远距离控制和电子计算机控制。手动控制包括手动和半自动两种；远距离控制包括单机自动和远距离集中控制两种；电子计算机控制包括离线控制、在线控制和计算机在线实时控制 3 种。

6. 按环境不同分类

按照环境不同分类，自动仓储系统可分为一般型、低温型、高温型、防爆型和其他特殊型 5 种。一般的自动化立体仓库在温度为 0～40℃，湿度为 45%～85%的常温常湿环境下存储货物。低温自动化立体仓库在温度为 0℃以下的环境中存储货物。高温自动化立体仓库在温度为 40℃以上的环境中存储货物。防爆自动化立体仓库用于在有防爆要求的环境中存储货物。其他特殊型自动化立体仓库，一般用于在防毒、防污染和防辐射等环境下使用。

北京大学出版社版权所有 禁止转载

5.2.2 自动仓储系统的发展趋势

1. 自动仓储系统的发展

我国通过十几年的摸索，已经逐步形成了一支建设立体仓库的队伍。如开展这项工作较早的原机械部二院、四院，北京起重运输机械研究所，他们通过二十多年的设计、实践，由小到大建设了一批立体库。在这些库的建设中，积累了经验。这无疑对我国立体库建设起到了推动作用，一批自动化立体库设备及其基础元件生产厂在逐步形成，数个从设计、生产、安装总承包的集团，也在近几年产生。但是，其发展还要注重以下几个方面的问题。

1) 加强相关标准的制定

目前在立体仓库设计中，还没有国家统一的标准可循。比如在立体仓库中，起重设备是一种特殊的起重设备，不能完全按照起重机及电梯的标准照搬，它有着一定的特殊性。世界发达国家早已颁布了立体仓库的标准、法规，目前我国各设计部门还各自一套，不利于立体仓库的发展。

目前至少先要制定以下标准。

(1) 托盘及货架大小的尺寸标准。

(2) 堆垛起重机吨位及速度参数标准。

(3) 立体仓库建设安全法规。

(4) 货架计算统一标准。

(5) 消防、环保标准。

2) 实行货物集装单元化

在自动化立体仓库里，存放的经常是品种繁多、大小不一的数十种甚至数百种货物。货物在货架区的存取及在库内的运输，都是以集装化单元的形式进行的。这种集装有效地将分散的物流各项活动联结成一个整体，是物流系统化中的核心内容和主要方式。它贯穿了整个物流过程的各项活动，在全过程的中发挥作用，因而许多人已将其看成是干线物流的发展方向。

因此，在自动化立体仓库里，确定货物单元显得尤为重要。它不仅影响仓库的投资，而且对于整个物流和仓储系统的配备、设施，以及有关因素都有极为重要的影响。

货物单元是指进行出、入库作业和储存的集装单元，由集装单元化器具和货物两部分组成。一般需要确定两个方面的内容：集装单元化器具的类型，货物单元的外形尺寸和重量。立体库常用的集装单元化器具有托盘和集装箱，且以托盘最为常见。

3) 有计划地开发仓库所用的配套产品


【行业实践】

在目前立体仓库设计中，各个单位都遇到了选不到合适配套件这一情况。国家应统筹安排堆垛起重机、高层货架和出(入)库输送机等产品的专业生产厂，安排生产专用电动机、减速机的生产，并组织系列生产。花精力抓好元器件的生产质量，并开发一批适合于自动立体仓库用的检测元件，这样不仅可以降低立体仓库的造价，而且还可以增加立体仓库使用的可靠性。

2. 自动仓储系统发展趋势

自动化仓储提升了自动化、信息化水平，可替代传统存储工艺模式，为我国工业的生产提供了相应的技术支持，在工业行业具有广泛的应用前景。自动仓储系统将向以下几个方向发展。

1) 自动化程度不断提高

近年来，采用可编程控制器(PLC)和微机控制搬运设备的仓库和采用计算机管理与 PLC 联网控制的全自动化仓库在全部高架仓库中的比重不断增加。日本 1991 年投产的 1 628 座自动化仓库中，64%是计算机管理和控制的全自动化仓库。在生产企业，自动化仓库作为全厂计算机集成制造系统(CIMS)的一部分与全厂计算机系统联网的应用也日渐增多，成为今后的趋势。

2) 与工艺流程结合更为紧密

ASRS 高架仓库与生产企业的工艺流程密切结合，成为生产物流的一个组成部分，例如，柔性加工系统中的自动化仓库就是一个典型例子。在配送中心，自动化仓库与物品的拣选、配送相结合成为配送中心的一个组成部分。

3) 储存货物品种多样化

储存大到长 6m 以上、重 4～10t 的钢板、钢管等长大件，小到电子元器件的高架仓库，还有专门用作汽车储存的高架仓库等均已出现。

4) 提高仓库出、入库周转率

除管理因素外，技术上主要是提高物料搬运设备的工作速度。巷道堆垛起重机的起升速度已达 90m/min，运行速度 240m/min，货叉伸缩速度达 30m/min，在有的高度较大的高架仓库中，采用上、下两层分别用巷道堆垛机进行搬运作业的方法，可以提高出、入库能力。

5) 提高仓库运转的可靠性与安全性及降低噪声

在自动控制与信息传输中采用高可靠性的硬、软件，增强抗干扰能力；采用自动消防系统，货架涂刷耐火涂层；开发新的、更可靠的检测与认址器件；采用低噪声车轮和传动元件等。

6) 开发可供使用的拣选自动化设备和系统

在拣选作业自动化方面正加紧研究开发，但尚未真正达到能可靠地使用的阶段。目前，提高拣选作业自动化程度的途径主要仍限于计算机指导拣选，包括优选作业

北京大学出版社版权所有 禁止转载

路线、自动认址、提示拣选品种和数量等，而当前拣选动作大多仍由人工完成。如何合理规划和设计自动化立体仓库，如何实现仓库与生产系统或配送系统的高效连接，已经成为 21 世纪的重要研究课题。

5.3　自动仓储系统存取工艺

自动存储系统主要由货物储存系统、货物存取和传送系统、控制和管理 3 大系统组成，还有与它配套的供电系统、消防系统、称重计量系统和信息通信系统等，其中货物存取系统是其核心工艺，下面主要介绍货物存取作业系统、控制、管理系统。

5.3.1　自动仓储系统的存取作业系统

1. 入库作业系统

入库作业流程如图 5.11 所示。货物单元入库时，由输送系统运输到入库台，货物进入射频识别读卡器能量范围时，电子标签携带的信息被读入，传递给中央服务器，控制系统根据中央服务器返回的信息来判断是否入库以及货位坐标，当能够确定入库时，发送包含货位坐标的入库指令给执行系统，堆垛机通过自动寻址，将货物存放到指定货格。在完成入库作业后，堆垛机向控制系统返回作业完成信息，并等待接收下一作业命令。控制系统同时把作业完成信息返回给中央服务器数据库进行入库管理。

预定入库货物 → 入库口 —输送机→ 巷道入口 —堆垛机→ 货位

图 5.11　入库作业流程

北京大学出版社版权所有 禁止转载

2. 出库作业系统

出库作业流程如图 5.12 所示。管理员在收到生产或客户的货物需求信息后，根据要求将货物信息输入管理机的出库单，中央服务器将自动进行库存查询，并按照先入先出、均匀出库、就近出库等原则生成出库作业，传输到终端控制系统中，控制系统根据当前出库作业及堆垛机状态，安排堆垛机的作业序列，将安排好的作业命令逐条发送给相应的堆垛机。

堆垛机到指定货位将货物取出放置到巷道出库台，并向控制系统返回作业完成信息，等待进行下一个作业。监控系统向中央服务器系统返回该货物出库完成信息，管理系统更新库存数据库中的货物信息和货位占用情况，完成出库管理。如果某一货位上的货物已全部出库，则从货位占用表中清除此货物记录，并清除该货位占用标记。

货位 —堆垛机→ 巷道出口 —输送机→ 出库口 —出库→

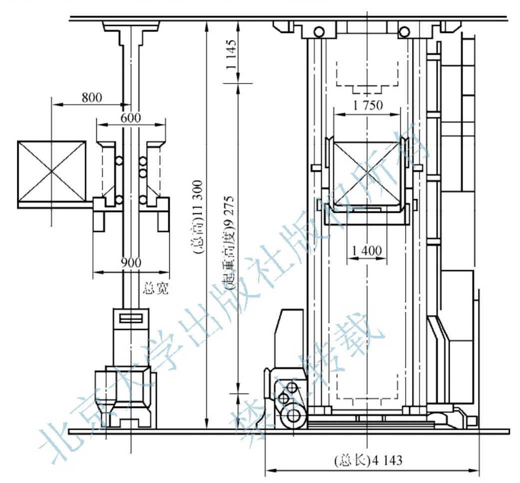
图 5.12　出库作业流程

3. 自动拣选作业系统

在自动取货系统完成取货作业后，货物经各种传送方式进入主输送机。货物在输送机上输送时，要调整其在输送机上的位置，便于分拣信号的输入和满足分拣要求。货物经过

和双立柱堆垛机，图 5.14 所示为双立柱堆垛机。此外还可分为单元式堆垛机、拣选式堆垛机和拣选—单元混合式堆垛机：单元式堆垛机是对托盘(或货箱)单元进行出、入库作业的堆垛机；拣选式堆垛机是由操作人员从货格内的托盘中存入(或取出)少量货物，进行出、入库作业的堆垛机，其特点是没有货叉；拣选—单元混合式堆垛机具有单元式和拣选式堆垛机的综合功能。

下面将重点介绍巷道式堆垛机的工作原理和使用方法。



北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 5.14　双立柱堆垛机

5.4.1　巷道式堆垛机

巷道式堆垛机是随着立体仓库的出现而发展起来的专用起重机，是立体仓库中最重要的存取作业机械。巷道式堆垛机的主要用途是在高层货架的巷道内来回穿梭运行，将位于巷道口的货物存入货格，或者相反，取出货格内的货物运送到巷道口。这种使用工艺对巷道式堆垛机在结构和性能方面提出了一系列严格的要求。立体仓库内常用的堆垛机械有两大类：有轨巷道式堆垛机和无轨巷道堆垛机，它们与普通叉车的性能比较见表 5-1。

表 5-1　有轨巷道堆垛机、无轨巷道堆垛机和普通叉车的性能比较

设备名称	巷道宽度	作业高度	作业灵活性	自动化程度
普通叉车	最大	＜5m	任意移动，非常灵活	一般为手动，自动化程度低
无轨巷道堆垛机	中	5～12m	可服务于两个以上巷道并完成高架区外的作业	可以进行手动、半自动、自动及远距离集中控制

续表

设备名称	巷道宽度	作业高度	作业灵活性	自动化程度
有轨巷道堆垛机	最小	＞12m	只能在高架巷道内作业，必须配备出、入库设备	可以进行手动、半自动、自动及远距离集中控制

1. 有轨巷道式堆垛机

图 5.15 为有轨巷道式堆垛机的整机外观示意图，它是在中高层货架的窄巷道内进行作业的起重机(图 5.16)，是自动化仓库的主要设备，又称有轨堆垛机。它沿着仓库内设置好的轨道水平运行，高度根据立体仓库的高度而定。使用有轨堆垛机可大大提高仓库的面积和空间利用率。起重量一般在 2t 以下，有的可达 4～5t，高度一般为 10～25m，最高可达 40 多米。它的结构特点是：①整机结构高而窄；②堆垛机金属结构的设计除需满足强度要求外，还应具有足够的刚度和精度；③堆垛机配备有特殊的取物装置，常用的有伸缩货叉或伸缩平板，能向两侧货格伸出存取货物；④其运行应同时满足快速、平稳和准确 3 方面要求；⑤必须配备齐全的安全装置，并在电气控制上采取一系列连锁和保护措施。



北京大学出版社版权所有 禁止转载

图 5.15　有轨巷道式堆垛机外观示意图　　图 5.16　有轨式巷道堆垛机作业过程



图 5.17　高架叉车

2. 无轨巷道式堆垛机

无轨巷道式堆垛机又称三向堆垛叉车或高架叉车，如图 5.17 所示。高架叉车系列是为高货架而特别设计的叉车。它与有轨巷道式堆垛机的主要区别是，它可以自由地沿着不同的路径水平运行，不需要设置水平运行轨道。其作业特点是可以从 3 个方向进行货物的存取操作——向前、向左及向右。关于高架叉车部分参见第 3 章相关内容。

3. 巷道式堆垛机的基本结构和分类

目前，在立体仓库中常用的堆垛机是有轨巷道式堆垛机，简称为堆垛机。巷道式堆垛机的分类、特点与用途见表 5-2。

表 5-2 巷道式堆垛机分类、特点与用途

	类 型	特 点	用 途
按结构不同分类	单立柱型巷道堆垛机	机架结构由一根立柱、上横梁、下横梁组成一个矩形框架，结构刚度比双立柱差	适用于起重量在 2t 以下，升起高度在 16m 以下的仓库
	双立柱型巷道堆垛机	机架结构由一根立柱、上横梁、下横梁组成一个矩形框架，结构刚度比较好，质量比单立柱大	适用于各种起升高度的仓库，一般起重量可达 5t，必要时还可以更大，可用于高速运行
按支撑方式不同分类	地面支撑型巷道堆垛机	支撑在地面铺设的轨道上，用下部的车轮支撑和驱动，上部导轮用来防止堆垛机倾倒，机械装置集中布置在下横梁，易保养维修	适用于各种高度的立体库，适用于起重量较大的仓库，应用广泛
	悬挂型巷道堆垛机	悬挂在巷道上方的轨道下翼缘上运行，其运行机构安装在堆垛机门架的上部。在货架下部两侧铺设下部轨道，防止堆垛机摆动	适用于起重量和升起高度较小的小型立体仓库，使用较少，便于转巷道
	货架支撑型巷道堆垛机	支撑在货架铺设的轨道上，在货架下部两侧铺设下部导轨，防止堆垛机摆动，货架应具有较大的强度和刚度	适用于起重量和升起高度较小的小型立体仓库，使用较少
按用途不同分类	单元型巷道堆垛机	以托盘单位或货箱单元进行出库作业。自动控制时，堆垛机上无司机	适用于各种控制方式，应用最广，可用于“货到人”式拣选作业
	拣选型巷道堆垛机	在堆垛机上的操作人员从货架内的托盘单元或货物单元中取少量货物，进行出库作业。堆垛机上装有司机室	一般为手动或半自动控制，可用于“货到人”式拣选作业

北京大学出版社版权所有 禁止转载

以单立柱型巷道堆垛机为例，它的基本结构由 5 部分组成：运行机构、起升机构、装有存取货机构的载货台、机架(车身)和电气设备，如图 5.18 所示。

1) 起升机构

由电动机、制动器、减速机、滚筒或链轮，以及柔性件组成。常用的柔性件有钢丝绳和起重链两种。除了一般的齿轮减速机外，由于需要比较大的速比，因而蜗轮蜗杆减速机和行星减速机的使用也不少。起重链传动装置多数装在上部，通常配有平衡重块，以减小提升功率。为了使起升机构结构紧凑，常常使用带制动器的电机。起升机构的工作速度经常用 15～25m/min，最高可达 45m/min。但不管选多大的工作速度，都应备有一慢速挡，一般为 3～5m/min，主要是使运动机构能平稳准确地停在规定位置，以便存取。

2) 运行机构

运行机构由电机、联轴器、制动器、减速箱和行走轮组成，如图 5.19 所示。按运行机构所在位置的不同可以分为地面运行式、上部运行式、中间运行式等，其中地面运行式使用最广泛。这种方式一般用两个或 4 个车轮，沿铺设在地面上的单轨运行。在起重机的顶

部有两组水平轮沿着固定在屋架下弦上的轨道导向。如起重机车轮与金属结构通过垂直小轴铰接，起重机就可以走弯道，从一个巷道转移到另一个巷道工作。

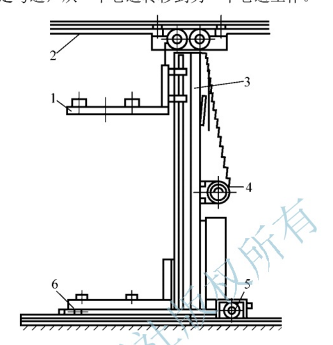


图 5.18　单立柱型巷道堆垛机

1—载货台；2—上横梁；3—立柱；4—起升机构；5—运行机构；6—下横梁

上部运行式起重机又可分为支承式和悬挂式两种，前者支承在货架顶部铺设的两条轨道上运行，起重机下部有两组水平轨导向。悬挂式的起重机则是悬挂在位于巷道上方的工字钢下翼缘上运行，下部同样有水平轨导向。起重机运行机构的工作速度视仓库长度和需要的出、入库频率而选定。一般为 80m/min 以下，较高为 120m/min，最高可达 180m/min。除工作速度外，还需要一挡慢速，为 4m/min，这是为了便于存取货物，保证需要的停止精度。对于自动控制的起重机，为了在近距离运行(例如小于 6 个货格的距离)时缩短起重机慢速爬行时间，在工作速度和慢速之间还需加一挡中速，为 20m/min。

3) 载货台及取货装置

载货台是货物单元承接装置，通过钢丝绳或链条与起升机构连接。载货台可沿立柱导轨上下升降。取货装置安装在载货台上，有司机室的堆垛机，司机室也一般装在载货台随载货台升降。对只需要拣选一部分货物的拣选式堆垛机，则载货台上不设取货装置，只有平台供放置盛货容器之用。取货装置一般是货叉伸缩机构，货叉可以横向伸缩，以便向两侧货格送入(取出)货物，如图 5.20 所示。货叉结构常用三节伸缩式，由前叉、中间叉、固定叉以及导向滚轮等组成，货叉的传动方式主要有齿轮—齿条和齿轮—链条两种。货叉伸缩速度一般为 15m/min 以下，高的可达 30m/min，在低于 10m/min 时需配备慢速挡，在启动和制动时用。当存取物料箱和形状特殊的货物时，则使用直角坐标型机械手通过“夹持”(图 5.21)、“顶升推拉”(图 5.22)等方式存取货物，取货机械手一般安装在载货台上，通过视频传感器或条码阅读器进行货物识别和定位。

4) 机架

机架由立柱和上、下横梁连接而成，是堆垛机的承载构件。机架有单立柱和双立柱两大类。单立柱结构的机架只有一根立柱和一根下横梁。这种结构重量比较轻，制造工时和

北京大学出版社版权所有 禁止转载

消耗材料少，起重机运行时，司机的视野比双立柱好得多，但刚度较差，一般适用于高度不到 10m、轻载荷的堆垛机。双立柱的机架由两根立柱和上、下横梁组成一个长方形框架。这种结构强度和刚性都比较好，适用于起重量较大或起升高度较高的起重机。

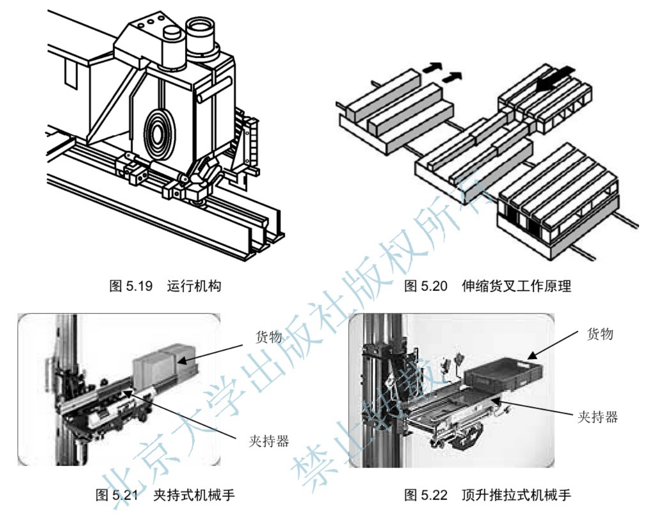


图 5.19　运行机构

图 5.20　伸缩货叉工作原理

图 5.21　夹持式机械手

图 5.22　顶升推拉式机械手

北京大学出版社版权所有　禁止转载

5) 电气设备

巷道堆垛机的电气设备包括电力拖动、控制、检测和安全保护等。在电力驱动方面，多用交流电动机驱动。如果调速要求较高，采用直流电动机进行驱动。对堆垛机的控制一般采用可编程控制器、单片机、单板机和计算机等，控制装置的控制方式有手动、半自动和自动 3 种，其中自动控制方式包括机电控制和远距离控制两种方法。堆垛机必须具有自动认址、货位虚实检测，以及其他检测功能。电力拖动系统要同时满足快速、平稳和准确 3 个方面的要求。

6) 安全保护装置

堆垛机的结构设计除需满足强度要求外，还要具有足够的刚性，并且满足精度要求。为了保证人身及设备的安全，堆垛机除必须配备有完善的硬件及软件的安全保护措施外，还应根据实际需要，增设各种保护装置。

(1) 堆垛机上每个电动机均设有过电流继电器对电动机进行过载保护。

(2) 堆垛机上设置了走行端点限位及升降端点限位传感器。

(3) 为防止空出库、重复入库等现象的发生，堆垛机上设置了对货架上货位、入出库位置上的货物检测传感器，以确认货位或入、出库位置上的货物情况。

(4) 为防止货物尺寸与欲入库货位的尺寸不符，堆垛机上设置了货物尺寸检测传感器。

(5) 为防止堆垛机上货物坍塌情况的发生，堆垛机上设置了货物坍塌检测传感器。

(6) 堆垛机上设置了松链检测传感器，以检测提升链松链情况的发生。

(7) 堆垛机上各有关动作及装置的电气连锁。

(8) 堆垛机控制盘上设置紧急停止按钮，以备在非常情况下切断堆垛机电源。

(9) 堆垛机上还设置有在异常状态下的声光报警装置。

(10) 堆垛机的行走和升降动作在以下情况下将被锁定：货叉不居中、托盘或货物尺寸超限、货叉正在运行、升降的安全保险被启动、载货台提升和下降超出极限、行走至巷道端点、紧急制动被启动。

(11) 堆垛机货叉在以下情况下被锁定：堆垛机行走或升降时、行走定位时没达到定位精度，堆垛机紧急制动开关动作。

(12) 只有在过桥升起时，才能向堆垛机供电，过桥落下时堆垛机即自动断电，以确保设备和人身安全。

5.4.2 堆垛机的主要技术参数及选择

堆垛机的技术参数是表明堆垛机工作性能好坏的参数，一般包括质量参数、速度参数和尺寸参数等。

(1) 载重量。载重量是指堆垛机能够装载的货物重量，一般为几十千克到几吨，其中载重量为 4.5t 的堆垛机使用最广泛。

(2) 运行速度。运行速度是指堆垛机在水平方向上的行驶速度，一般为 4～120m/min。

(3) 起升速度。起升速度是指堆垛机在垂直方向上的提升速度，一般为 3～30m/min。

(4) 货叉伸缩速度。货叉伸缩速度是指货叉在进行叉取作业时的水平伸缩速度。

(5) 尺寸参数。堆垛机的尺寸参数包括堆垛机的外廓尺寸(长、宽、高)，起升高度，最低货位极限高度和货叉的下挠度等。堆垛机的货叉下挠度是指在额定起重量下，货叉上升到最大高度时，货叉最前端下弯的高度，这一参数反映了货叉抵抗变形的能力，它与货叉的材料、结构形式以及加工货叉的制造工艺等因素有关。最低货位极限高度是指货叉在最低位置时其下表面到运行轨道安装水平面之间的垂直距离。

合理选择堆垛起重机的类型和主要使用性能参数，是正确使用堆垛起重机的重要前提条件。对提高装卸搬运的作业效率，充分发挥堆垛起重机的有效功能，降低使用成本，提高经济效益，确保运行安全都有重要的现实意义。选型的基本要求是技术先进、经济合理、适合生产需要。选型的主要内容有：类型选择、具体结构形式选择和技术性能参数的选择、所需数量的确定、性能价格比评价和技术经济评估，其选型过程中应遵循的基本工作程序，如图 5.23 所示。

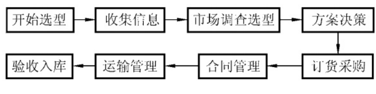


图 5.23 堆垛机选型的基本工作程序

北京大学出版社版权所有
禁止转载


案例 5-1

蒙牛乳业自动化立体仓库案例

内蒙古蒙牛乳业泰安有限公司乳制品自动化立体仓库，是蒙牛乳业公司委托太原刚玉物流工程有限公司设计制造的第三座自动化立体仓库。该库后端与泰安公司乳制品生产线相衔接，与出库区相连接，库内主要存放成品纯鲜奶和成品瓶酸奶。库区面积 8 323m^2，货架最大高度 21m，托盘尺寸 1 200mm×1 000mm，库内货位总数 19 632 个。其中，常温区货位数 14 964 个，低温区货位数 46 687 个。入库能力 150 盘/小时，出库能力 300 盘/小时。出入库采用联机自动。

1. 工艺流程及库区布置

根据用户存储温度的不同要求，该库划分为常温和低温两个区域。常温区保存鲜奶成品，低温区配置制冷设备，恒温 4℃，存储瓶酸奶按照生产、存储、配送的工艺及奶制品的工艺要求，经方案模拟仿真优化，最终确定库区划分为入库区、储存区、托盘(外调)回流区、出库区、维修区和计算机管理控制室 6 个区域。

(1) 入库区由 66 台链式输送机、3 台双工位高速梭车组成。负责将生产线码垛区完成的整盘货物转入各入库口。双工位穿梭车则负责将生产线端输送机输出的货物向各巷道入库口的分配、转动及空托盘回送。

(2) 储存区包括高层货架和 17 台巷道堆垛机。高层货架采用双托盘货位，完成货物的存储功能。巷道堆垛机则按照指令完成从入库输送机到目标的取货、搬运、存货及从目标货位到出货输送机的取货、搬运、出货任务。

(3) 托盘(外调)回流区分别设在常温储存区和低温储存区内部，由 12 台出库口输送机、14 台入库口输送机、巷道堆垛机和货架组成。分别完成空托盘回收、存储、回送，外调货物入库，剩余产品、退库产品入库、回送等工作。

(4) 出库区设置在出库口外端，分为货物暂存区和装车区，由 34 台出库输送机、叉车和运输车辆组成。叉车司机通过电子看板、RF 终端扫描来叉车完成装车作业，反馈发送信息。

(5) 维修区设在穿梭车轨道外一侧，在某台空梭车更换配件或处理故障时，其他穿梭车仍旧可以正常工作。

(6) 计算机控制室设在二楼，用于出入库登记、出入库高度、管理和联机控制。

2. 设备选型及配置

1) 货架

(1) 主要使用要求和条件。托盘单元载重能力：850/400kg(常温区/低温区)；存储单元体积：1 000mm(运行方向)×1 200mm(沿货叉方向)×1 470mm(货高含托盘)；库区尺寸 9 884m^2，库区建筑为撕开屋顶，最高点 23m。

(2) 根据使用要求和条件，结合刚玉公司的设计经验，经力学计算和有限元分析优化，确定采用具有异形截面，自重轻、刚性好、材料利用率高，表面处理容易，安装、运输和包装方便的双货位横梁式组合货架。其中，货架总高度分别有：21 000mm、19 350mm、17 700mm、16 050mm、14 400mm 和 12 750mm。货架规模：常温区有 14 964 个，低温区有 4 668 个。

(3) 货架主材。主柱：常温区选用刚玉公司自选轧制的 126 型异型材，低温区采用 120 型异型材。横梁：常温区选用刚玉公司自轧制异型材 55BB 低温区区采用 5BB 型异型材。天、地轨：地轨采用 30kg/米钢轨，天轨采用 16＃工字钢。

2) 有轨巷道堆垛机

(1) 主要技术参数。堆垛机高度：21 000mm、19 350mm、17 700mm、16 050mm、14 400mm 和 12 750mm。堆垛机额定载重量：850/400kg。载货台宽度：1 200mm。结构形式：双立柱。运行速

北京大学出版社版权所有 禁止转载

度：5～100m/min(变频调速)。起升速度：4～40m/min(变频调速)。货叉速度：3～30 m/min(变频调速)。停准精度：超升、运行≤±10mm，货叉≤±5mm。控制方式：联机自动、单机自动、手动。通信方式：远红外通信。供电方式：安全滑触线供电。供电容量：20kW、3相4线制380V、50Hz。

(2) 设备配置。有轨巷道堆垛起重机主要由多发结构、超升机构、货叉取货机构、载货台、断绳案例保护装置、限速装置、过载与松绳保护装置，以及电器控制装置等组成。

驱动装置：采用德国德马格公司产品，性能优良、体积小、噪声低、维护保养方便。变频调整：驱动单元采用变频调速，可满足堆垛机出入库平衡操作和高速运行，具有启动性能好，调速范围宽，速度变化平衡，运行稳定并有完善的过压、过流保护功能的优点。堆垛机控制系统：先用分解式控制，控制单元采用模块式结构，当某个模块发生故障时，在几分钟内便可更换备用模块，使系统重新投入工作。案例保护装置：堆垛机起升松绳和过载、娄绳安全保护装置；载货台上、下极限位装置；运行及起升强制换速形状和紧急限位器；货叉伸缩机械限位挡块；货位虚实探测、货物高度及歪斜控制；电器联锁装置；各运行端部极限设缓冲器；堆垛机设作业报警电铃和警示灯。

(3) 控制方式。手动控制：堆垛机的手动控制是由操作人员，通过操作板的按钮和万能转换形状，直接操作机械运行，包括水平运行、载货台升降、货叉伸缩3种动作。

单机自动：单机自动控制是操作人员在出、入库端通过堆垛机电控柜上的操作板，输入入(出)库指令，堆垛机将自动完成入(出)库作业，并返回入(出)库端待命。

在线全自动控制：操作人员在计算机中心控制室，通过操作终端输入入(出)库任务或入(出)库指令，计算机与堆垛机通过远红外通信连接将入(出)库指令下达到堆垛机，再由堆垛机自动完成入(出)库作业。

根据本案例所提供的资料，试分析以下问题。

1. 该自动仓储系统有哪些优势？

2. 蒙牛乳业泰安有限公司采用乳制品自动化立体仓库给企业带来哪些好处？

北京大学出版社版权所有 禁止转载

本 章 小 结

自动仓储系统又被称作自动化立体仓库。它是一种利用高层立体货架(托盘系统)储存物资，应用电子计算机控制管理和应用自动控制的堆垛机进行存取作业的仓库。通过本章学习，可以掌握自动仓储系统的组成、分类、特点及应用。对于自动仓储系统的存取设备重点介绍巷道堆垛机的构成、分类。自动仓储系统作为重要的物流装备，如何合理规划和设计，如何实现仓库与生产系统或配送系统的高效连接，已经成为21世纪的重要研究课题。



自动仓储系统(ASRS)　　　　堆垛机(Slacker Crane)

习　　题

1. 填空题

(1) 自动仓储系统3大标志分别是：________、________和________。

(2) 自动仓储系统主要由________、________和________3 大系统组成。

(3) 巷道堆垛机基本结构一般由________、________、________、________和________5 部分组成。

(4) 堆垛机的主要技术参数有________、________、________、________和________。

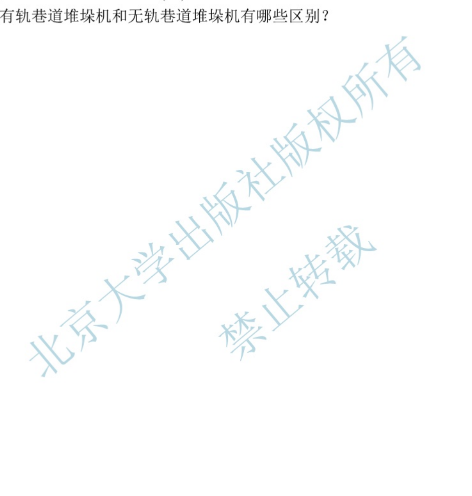
2. 简答题

(1) 自动化立体仓库是由哪几部分组成的？自动化立体仓库有哪些类型？

(2) 简述自动仓储系统的优点和未来发展趋势。

(3) 简述自动仓储系统的出(入)库作业流程。

(4) 有轨巷道堆垛机和无轨巷道堆垛机有哪些区别？


北京大学出版社版权所有
禁止转载